

3D-grafiikka ja matchmoving

Sven Koik

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2015

Mediatekniikan koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) Koik, Sven	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 07.04.2015
	Sivumäärä 69	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi 3D-grafiikka ja matchmoving		
Koulutusohjelma Mediatekniikka		
Työn ohjaaja(t) Niemi, Kari		
Toimeksiantaja(t) Digitoimisto LumeTech osk.		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Digitoimisto LumeTech osk., joka tarjoaa erilaisia digitaalisen median palveluita, kuten videoita, 3D-grafiikkaa ja web-sivuja. Työn tavoitteena oli vahvistaa LumeTechin osaamista digitaalisen videon ja 3D-grafiikan yhdistämiseen käytettävän matchmoving-tekniikan saralla, sekä selvittää mikä matchmoving-ohjelmisto sopisi LumeTechille parhaiten. Matchmoving tarkoittaa videossa tapahtuvien kameran liikkeen jäljennystä 3D-kameraan, jolloin 3D-objekteja voidaan lisätä kuvatus videon sekaan.</p> <p>Työssä on ensin käsitelty digitaalisen videon sekä 3D-grafiikan tärkeimpiä tekijöitä ja ominaisuuksia matchmovingin näkökulmasta. Seuraavaksi työssä on selvitetty, mitä matchmoving-tuotantoprosessi pitää sisällään. Tämän jälkeen on vertailtu kolmea suosittua matchmovingiin soveltuvaa ohjelmistoa; After Effectsiä, mocha Pro:ta ja Synthesia. Vertailu suoritettiin käyttämällä jokaisessa ohjelmistossa samaa lähdemateriaalia. Kun matchmoving-prosessi oli saatu vietyä jokaisella ohjelmistolla läpi, vertailtiin ohjelmistojen välisiä eroja niin prosessin aikana kuin jälkeenkin. Eri ominaisuuksille annettiin arvosana 1 – 5, ja jokaiseen arvosanaan vaikuttivat myös painokertoimet, jotka määräytyivät ominaisuuden tärkeyden mukaan.</p> <p>Lopputuloksena selvisi, että vaikka After Effectsin ja Synthesian työnjälki oli suunnilleen samantasoinen, Synthesissa prosessin läpivienti oli kuitenkin huomattavasti helpompaa. Mocha Pro osoittautui osittain epäyhteensopivaksi 3ds Maxin kanssa, jonka ansiosta matchmoving-prosessia ei voitu viedä sillä loppuun.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteeseen päästiin onnistuneesti, ja paras mahdollinen ohjelmisto Digitoimisto LumeTechille löytyi niin hinnan kuin toimintojenkin puolesta.</p>		
Avainsanat (asiasanat)		
3D-grafiikka, video, matchmoving		
Muut tiedot		



Author(s) Koik, Sven	Type of publication Bachelor's/Master's thesis	Date 07.04.2015
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 69	Permission for web publication: x
Title of publication 3D-graphics and matchmoving		
Degree programme Media engineer		
Tutor(s) Niemi, Kari		
Assigned by Digitoimisto LumeTech osk.		
<p>Abstract</p> <p>The thesis was assigned by Digitoimisto LumeTech, which offers different kinds of digital media such as videos, 3D graphics and webpages. The goal of the thesis was to strengthen LumeTech's knowledge about matchmoving, a technology allowing to combine digital video and 3D graphics. Another goal was to find a matchmoving program best suited for LumeTech's needs. Matchmoving is a technique, where camera movements are tracked from a video and then applied to a 3D camera, which allows 3D objects to be added into the shot video.</p> <p>First, the thesis covers the most important aspects of digital video and 3D graphics regarding matchmoving. Next, the matchmoving process was looked into. After that, three popular matchmoving programs were compared; After Effects, mocha Pro and Syntheyes. The comparison was carried out using the same source material with each program. When the matchmoving process was completed with each program, the differences of the process itself and the quality of the outcome were compared. Different features were given a grade ranging from 1 to 5. Every grade was then weighted using a corresponding value given for each feature.</p> <p>Although the end results of After Effects and Syntheyes were almost similar, the process was much easier with Syntheyes. Mocha pro came out to be partly incompatible with 3ds Max, therefore, the matchmoving process could not be completed with it.</p> <p>The goal of the thesis was achieved and the best possible program for Digitoimisto LumeTech was found price-wise and feature-wise.</p>		
Keywords/tags (subjects)		
3D graphics, video, matchmoving		
Miscellaneous		

Sisältö

Termistö	6
1 Työn lähtökohdat	8
1.1 Tausta ja toimeksiantaja	8
1.2 Tehtävä ja tavoitteet	8
2 Digitaalinen video.....	10
2.1 Yleistä	10
2.2 Kuvasuhde	11
2.3 Resoluutio.....	12
2.3.1 Yleistä	12
2.3.2 Vakiopiirto (Standard Definition)	13
2.3.3 Teräväpiirto (High Definition)	14
2.3.4 Täysteräväpiirto (Full High Definition)	14
2.3.5 Ultrateräväpiirto (Ultra High Definition)	14
2.4 Progressiivinen ja lomitettu video	15
2.5 Kuvanopeus	17
2.5.1 Yleistä	17
2.5.2 24p (23,976p)	17
2.5.3 25p.....	18
2.5.4 30p.....	18
2.5.5 50p ja 60p	18
2.5.6 50i ja 60i	19
2.6 Aukko.....	19
2.6.1 Yleistä	19
2.6.2 Valon määrä	20
2.6.3 Syväterävyys.....	20
2.7 Valotus videossa	21
2.7.1 Yleistä	21
2.7.2 ISO	22

2.8 RGB-väriavaruus	23
2.9 Videon pakkaus ja tiedostoformaatit	23
2.9.1 Koodekki (Codec)	23
2.9.2 Container	24
2.9.3 Bittivirta (Bitrate)	24
3 3D-grafiikka	25
3.1 Yleistä	25
3.2 Geometria	25
3.3 Teksturointi	26
3.3.1 Materiaalit	26
3.3.2 Tekstuurikartat	27
3.4 Valaistus	27
3.4.1 Standardit valot	27
3.4.2 Photometriset valot	27
3.5 3D-Kamera	28
3.6 Fysiikka 3D:ssä	29
3.7 Renderöinti	30
3.7.1 Yleistä	30
3.7.2 Renderöintimoottori	31
4 Matchmoving tuotantoprosessi	32
4.1 Yleistä	32
4.2 Camera tracking	32
4.3 Ohjelmat	33
4.3.1 Adobe After Effects	33
4.3.2 Andersson Technologies SynthEyes	34
4.3.3 Autodesk 3ds Max	34
4.3.4 Imagineer Systems mocha Pro	35
4.4 Kuvauskalusto	35
4.4.1 Kamera	35
4.4.2 Objektiivi	35

4.4.3 Valaistus	35
4.5 Esituotanto ja suunnittelu	36
4.6 Tuotantovaihe	39
4.6.1 Kameran ja objektiivin asetukset	39
4.6.2 Valaistus	39
4.6.3 Kuvaus	40
4.7 3D-mallinnus.....	41
5 Ohjelmistojen vertailu	44
5.1 Ohjelmistojen valinta- ja arvostelukriteerit	44
5.1.1 Adobe After Effects	44
5.1.2 Andersson Technologies SynthEyes	49
5.1.3 Imagineer Systems mocha Pro	54
5.2 Vertailun tulokset	59
6 Jälkituotanto	61
7 Tulokset ja pohdinta	64
Lähteet	67

Kuviot

Kuvio 1. 4:3-kuva esitettynä 16:9-ruudulla pillarbox-tekniikalla	11
Kuvio 2. Eri resoluutioiden kokoverailua	13
Kuvio 3. Television tuumakoon ja järkevän 4K:n katseluetäisyyden suhde	15
Kuvio 4. Nopean sivuttaisliikkeen ero lomitetussa ja progressiivisessa videossa	16
Kuvio 5. Linssin aukko auki ja kiinni	20
Kuvio 6. Aukon koon vaikutus syväterävyyteen ja valotusaikaan.....	21
Kuvio 7. Video samasta kohteesta ISO 160 ja 1600 herkkyysillä	22
Kuvio 8. Polygoneista koostuva kuutio	26
Kuvio 9. Standardin ja photometrisen valon vertailu	28
Kuvio 10. Renderöinnin vaikutus 3D-malliin	30
Kuvio 11. NUKE X:n camera tracking –toiminto vauhdissa	33

Kuvio 12. Videon alkuasetelma	37
Kuvio 13. Istumapaikalle siirtyminen	37
Kuvio 14. Veitsi lentää pöydällä olevaa juomalasia kohti	38
Kuvio 15. Veitsi rikkoo juomalasin ja jatkaa lentoaan	38
Kuvio 16. Kuvausympäristö ilman lisättyjä 3D-objekteja	40
Kuvio 17. 3D-keittiöveitsi	41
Kuvio 18. 3D-juomalasi	42
Kuvio 19. Veitsen ja lasin testiympäristö	43
Kuvio 20. Null-objektin ja kameran luonti	45
Kuvio 21. Träkkäysdatan ulostuonti AE3D-skriptin avulla	46
Kuvio 22. Sivunäkymä 3D-ympäristöstä MAXScriptin käynnistämisen jälkeen	46
Kuvio 23. Plane pöydän kannen päällä	47
Kuvio 24. Pöydän päällinen renderöimättömänä	48
Kuvio 25. Pöydän päällinen renderöitynä	49
Kuvio 26. SynthEyesin tuottama raaka träkkäysdata	50
Kuvio 27. Träkkien siistimistä "Clean up trackers"-toiminnolla	51
Kuvio 28. 0-korkeudelle määritetyt träkkäyspisteet	52
Kuvio 29. Valmiin kohtauksen esikatselu SynthEyesissa	52
Kuvio 30. SynthEyesin Export-lista	53
Kuvio 31. 3D-objektit sovitettuna videon päälle	54
Kuvio 32. Träkättäväksi määritellyt pinnat	55
Kuvio 33. Träkkäysalueen liukumista objektin yläosassa	56
Kuvio 34. Avatun fbx-tiedoston alkunäkymä sivusta	57
Kuvio 35. Väärällä paikalla olevat helperit	57
Kuvio 36. 3D-pöytä sijoitettuna videon päälle	58
Kuvio 37. 3D-pöytä ei pysynyt oikean pöydän kanssa samassa linjassa	58
Kuvio 38. Kuvasekvenssit tuotuna After Effectsiin	61
Kuvio 39. Juomalasin maskaaminen ehjäksi	62
Kuvio 40. Master-komposition sisältö valmiina	63
Kuvio 41. Video vinjetit-efektin sekä värimäärittelyn jälkeen	63

Taulukot

Taulukko 1. Ohjelmistojen vertailun tulokset	59
--	----

Termistö

Blu-ray

Levyformaatti, jota luetaan lyhytaaltopituuisella laserilla. Blu-ray-levylle mahtuu dataa 25 – 100 GB riippuen siitä onko levy yksi- vai monikerroksinen. Levyn maksimaalinen datansiirtonopeus on 54 Mb/s, josta 48 Mb/s on varattu kuvalle ja äänelle.

CMOS-kenno

Digitaalikameroissa käytettävä kennotyyppi, joka tallentaa valon aiheuttaman varauksen ja muuttaa sen digitaaliseen muotoon.

Intro

Ohjelman alussa näytettävä lyhyt video, jonka avulla katsojalle kerrotaan suurpiirteisesti mitä ohjelma tulee pitämään sisällään.

Keyframe

Animaatioissa käytettävä ”avainruutu”, joiden väliin ohjelma luo automaattisesti puuttuvat ruudut niin, että siirtymä avainruudusta toiseen tapahtuu animoidusti.

Layer

Kuvan-, äänen- tai videonkäsittelyohjelmissä käytettävä kerros, jonka sisään voidaan sijoittaa esim. kuvaa tai ääntä. Layereita voidaan luoda useita päällekkäin niin, että useampi ääni tai kuva toistetaan samanaikaisesti.

Matchmoving

Tekniikka, jolla digitaalisessa videossa olevat kameran liikkeet synkronoidaan 3D-ympäristössä olevan kameran kanssa.

Modifier (3ds Max)

3D-objektille annettava määrite, jolla 3D-objektin geometriaa voidaan muokata eri tavoin.

NTSC-järjestelmä

Lyhenne sanoista "National Television System Committee". Pääasiassa Yhdysvalloissa käytetty 60 Hz:n TV-lähetysstandardi, jonka tarkkuus on 720x480 pikseliä ja kuvanopeus 30 kuvaa (60 puolikuvaa) sekunnissa.

Null-objekti (After Effects)

"Näkymätön" datapiste, joka sisältää vain tiedon omasta sijainnistaan ja asennostaan.

PAL-järjestelmä

Lyhenne tulee sanoista "Phase Alternate Line". Yleisesti Euroopassa käytetty 50 Hz:n TV-lähetysstandardi, jonka tarkkuus on 720 x 576 pikseliä ja kuvanopeus 25 kuvaa (50 puolikuvaa) sekunnissa.

PBomb (3ds Max)

Space Warp-objekti 3ds Maxissa, joka räjähtäessään lähettää ympärillään olevat partikkelit ja dynaamiset objektit pommin tavoin kauemmas räjähdyskeskustasta.

Pikseli

Yksittäinen kuvapiste, joista digitaalinen kuva koostuu. Yksi kuva voi koostua miljoonista pikseleistä.

Renderöinti

3D-ohjelman toiminto, jolla 3D-mallista luodaan lopullinen kuva. Käytetään myös videoeditoinnissa toiminnosta, jolla leikattu video muunnetaan yhtenäiseksi videotiedostoksi.

Skripti

Ohjelmistoissa käytettävä komentosarja, jolla isäntäohjelmaan voidaan luoda lisäominaisuuksia.

1 Työn lähtökohdat

1.1 Tausta ja toimeksiantaja

Opinnäytetyön tarkoitus oli laajentaa jyvaskyläläisen Digitoimisto LumeTech osk:n ("LumeTech") palveluntarjontaa. LumeTech on opinnäytetyön tekijän, sekä kahden muun mediatekniikan insinööriopiskelijan, heinäkuussa 2014 perustama digitoimisto, joka tarjoaa digitaalista mediaa 3D-grafiikan sekä -sovellusten, videoiden ja web-sivujen muodossa. Palvelutarjontaan kuuluu myös käytettävyytestaus. Kaikkia näitä palveluita tarjotaan B2B-periaatteella pääasiassa suomalaisille yrityksille.

LumeTech markkinoi itseään nuorekkaana digitoimistona, jonka missiona on tarjota asiakkaille omaperäistä, raikasta ja mieleenpainuvaa palvelua, joka auttaa heitä erottumaan kilpailijoiden joukosta.

1.2 Tehtävä ja tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää omaa ammatillista osaamista digitaalisen videon ja 3D-grafiikan yhdistämisen eli matchmovingin saralla. Tämä luo LumeTechille kilpailuetua, koska se pystyy tarjoamaan sellaista palvelua, jota harva muu paikallinen videotuotantoyritys tarjoaa.

Matchmovingin ajatus on ottaa kuvatusta digitaalisesta videosta ohjelmallisesti siinä tapahtuvat kameran liikkeet talteen ja tämän jälkeen siirtää liikedata 3D-ympäristössä olevaan kameraan niin, että 3D-kameran liike on identtinen oikean kameran kanssa. Kun 3D-malli tämän jälkeen renderöidään ulos 3D-ohjelmasta, se voidaan sijoittaa kuvattuun videoon niin, että 3D-malli näyttää liikkuvan synkronoidusti kameran kanssa.

Työssä vertaillaan kolmea eri matchmovingiin soveltuvaa ohjelmistoa. Jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia, käytettiin jokaisen ohjelman kanssa samaa lähdemateriaa-

lia. Vertailussa kiinnitettiin huomiota työn jäljen lisäksi mm. ohjelmistojen käytettävyyteen, ominaisuuksiin sekä hintaan. Vertailun tuloksia voidaan käyttää apuna kun mietitään, mikä ohjelmistoista kannattaa hankkia LumeTechin käyttöön.

Työn tuloksena syntynyttä videota käytetään myös yhtenä osana LumeTechin show-reel-videota, jossa tuodaan esille yrityksen eri osaamisalueita.

2 Digitaalinen video

2.1 Yleistä

Digitaalinen video on pohjimmiltaan digitaalista dataa, eli ykkösiä ja nollia, jotka tulkitaan nopeasti peräkkäin toistettaviksi kuviksi. Digitaalista videota kuvataan nykypäivänä tavallisesti erilaisilla digikameroilla, joissa valoherkkä kenno mittaa siihen osuvan valon määrää ja tallentaa tiedon varaukseksi kennon jokaiseen erilliseen kuvapisteeseen eli pikseliin (lyh. px). Nämä varaukset voidaan taas muuttaa numeerisiksi arvoiksi, jolloin niitä pystytään käsittelemään digitaalisena. (Digikameroiden kennotyyppien eroja 2003.)

Kun video on digitaalisessa formaatissa, sitä pystytään editoimaan todella monipuolisesti. Pikkutarkkaa työtä tehdessä yksittäisen pikselinkin muokkaaminen on digitaalisessa muodossa täysin mahdollista.

Video on tehokas ja monipuolinen tapa kertoa pitkäkin tarina lyhyessä ajassa. Parhaiten tämän huomaa TV-mainoksissa, joissa noin 10 sekunnin aikana katsojalle pystytään esittelemään uusi tuote, perustelemaan, miksi se kannattaa ostaa ja mahdollisesti samalla vielä herättämään katsojassa tunteita, jotka saattavat johtaa tuotteen ostamiseen. Mainosmaailmassa ovat todella kovassa käytössä myös perinteisen kameralla kuvatun videon lisäksi erilaisilla ohjelmilla toteutetut 2- ja 3-ulotteiset animaatiot, joissa käytetään täysin tietokoneella generoitua grafiikkaa.

Digitaalinen video käsitteenä pitää sisällään todella suuren määrän alakäsitteitä, joista se koostuu ja jotka oleellisesti vaikuttavat sen ulkonäköön. Näistä kerrotaan tarkemmin opinnäytetyön luvuissa 2.2 – 2.9.

2.2 Kuvasuhde

Kuvasuhde videon yhteydessä tarkoittaa videokuvan leveyden ja korkeuden välistä suhdetta. Ensimmäinen yleisesti käytetty kuvasuhde oli 1.33:1 (yleisemmin 4:3), jota käytettiin paljon vielä 90-luvullakin.

2000-luvun vaihteessa 1.78:1 (yleisemmin 16:9)-kuvasuhde sekä laajakuvatelevisiot alkoivat vähitellen yleistymään. 16:9-kuvasuhdetta käytetään edelleen yleisesti televisioiden ruuduissa sekä TV-tuotannossa ja internetissä.

Jotta 4:3-suhteella kuvattua videota pystyttiin näyttämään 16:9-ruudulla ja toisin päin, kehitettiin muutama erilainen ratkaisu. Niin sanottua ”pan and scan”-tekniikkaa käytetään 4:3-suhteisella ruudulla. Se suurentaa ja samalla rajaa laajakuvaa niin, että koko ruudun ala täyttyy. Toinen ratkaisu ongelmaan on ”letterboxing”, jossa alkupe-
räistä kuvaa ei suurenneta, vaan sen ylä- ja alapuolelle lisätään mustat laatikot niille alueille, joita kuva ei peitä. Kun 4:3-suhteista kuvaa taas näytetään samalla tekniikalla 16:9-suhteisella ruudulla, tätä tekniikkaa kutsutaan termillä ”pillarboxing”, jossa mustat laatikot lisätään kuvan vasemmalle ja oikealle puolelle, kuten kuviossa 1 on esitetty. (Video Aspect Ratios 2013.)



Kuvio 1. 4:3-kuva esitettynä 16:9-ruudulla pillarbox-tekniikalla (Video Aspect Ratios 2013)

1950-luvulla elokuva-alalla kokeiltiin useita laajempia kuvasuhteita, kuten 2.66:1 ja 2:1. Kuvasuhteita oli kahden edellä mainitun lisäksi todella monia muitakin, kunnes elokuva-alalla käytäntöjä päädyttiin yhdenmukaistamaan. Näin alettiin käyttämään laajakankaalle sopivia kuvasuhteita 1.85:1 (normaali laajakuva) ja 2.39:1 (anamorfinen laajakuva). (Mt.)

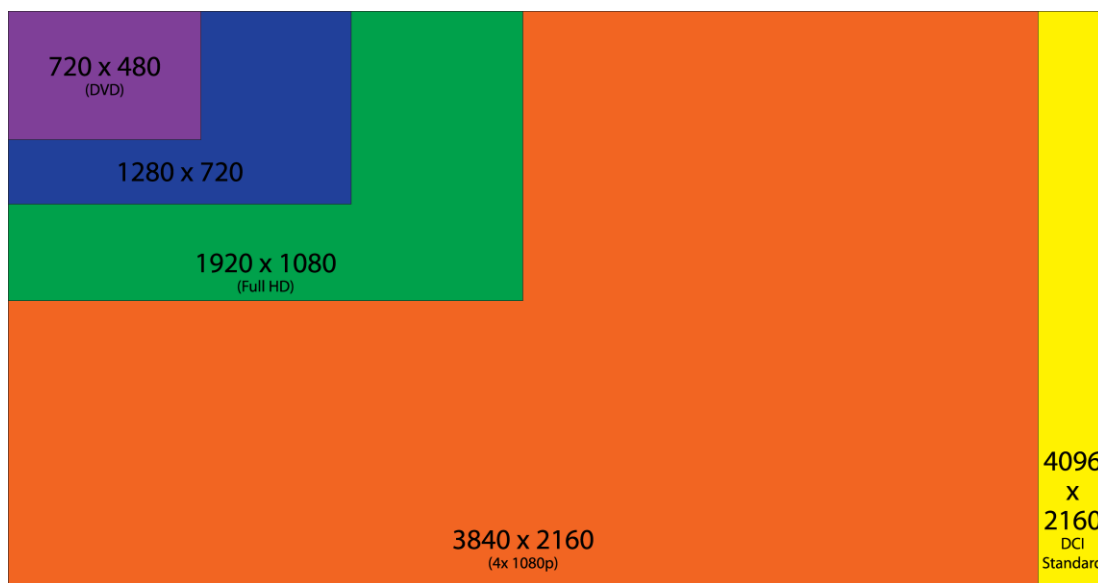
2.3 Resoluutio

2.3.1 Yleistä

Resoluutio liittyy vahvasti kuvasuhteeseen. Se kertoo, kuinka monesta pikselistä kuva koostuu vaaka- ja pystysuunnassa. Resoluutiosta näkee siis suoraan mikä, kuvasuhde on kyseessä.

Nykyajan videotuotannossa resoluutio ilmoitetaan yleensä vaakasuunnassa kulkevien pikselien määrällä. Kun resoluutio ilmoitetaan näin, puhutaan yleensä 16:9-kuvasuhteesta jolloin myös pystysuuntaisten pikselien määrän pystyy tietämään vaakasuuntaisten pikselien määrän perusteella.

Tekniikan kehittyessä videoissa käytettävä resoluutio on kasvanut tasaista tahtia. Kuviossa 2 nähdään, kuinka eri resoluutiot vertautuvat toisiinsa. Vuonna 1984 ensimmäinen standardoitu videon pakkausmuoto, H.120, tuki vain 176 x 144 px resoluutiota, kun taas nykypäivänä kehittyneimmät videokamerat pystyvät kuvaamaan jopa 18432 x 7680 px:n tarkkuudella. (Real Team 2012.)



Kuvio 2. Eri resoluutioiden kokoverailua (Williams 2013)

Kuluttajamarkkinoilla televisiot, joiden ruudun tarkkuus on $3\,840 \times 2\,160$ px eli niin kutsutut 4K-televisiot, ovat vielä suhteellisen harvinaisia, koska harva lähde tarjoaa vielä 4K-laatuista kuvaa. Tästä huolimatta varsinkin elokuva-alalla hyödynnetään suuria resoluutioita, koska kun video kuvataan suuremmalla resoluutiolla, kuin millä se julkaistaan, pystytään materiaalia suurentamaan ja sommittelemaan editoidessa uudelleen ilman, että laatu huononee.

Koska resoluutioista puhuminen pelkkien numeroiden avulla voi olla melko sekavaa, videoalalla tietyille resoluutioille on annettu nimi (kuten em. 4K), jotta niiden tunnistaminen helpottuu. Luvuissa 2.3.2 – 2.3.5 käydään läpi yleisimmät nimelliset resoluutiot.

2.3.2 Vakiopiirto (Standard Definition)

Vakiopiirto (eng. Standard Definition tai lyh. SD) –termiä käytetään tavallisesti TV-lähetysten yhteydessä, jossa kuvan resoluutio on 720×576 px. Laatu on sidonnainen yleisesti Euroopassa käytettyyn TV-lähetysten PAL-järjestelmään. TV-lähetysten laadusta puhuttaessa vakiopiirtolähetysten laatu ilmoitetaan lyhenteellä SDTV. (Kysymyksiä ja vastauksia antenni-tv-vastaanottoon liittyen n.d.)

2.3.3 Teräväpiirto (High Definition)

Teräväpiirto (eng. High Definition tai lyh. HD) tarkoittaa 16:9-suhteista kuvaa, jonka resoluutio on 1280 x 720 px. Laadultaan se on hieman yli kaksi kertaa tarkempi kuin SD-laatu.

2.3.4 Täysteräväpiirto (Full High Definition)

Täysteräväpiirto (eng. Full High Definition tai lyh. FullHD) on myös 16:9-suhteinen kuva, jonka resoluutio on 1920 x 1080 px, eli yli kaksi kertaa (2,25 x) niin tarkka kuin HD-laatu. Se on yleisesti käytetty resoluutio nykyaikaisissa tietokoneiden näytöissä, Blu-ray-elokuvissa, televisioissa sekä videokameroissa.

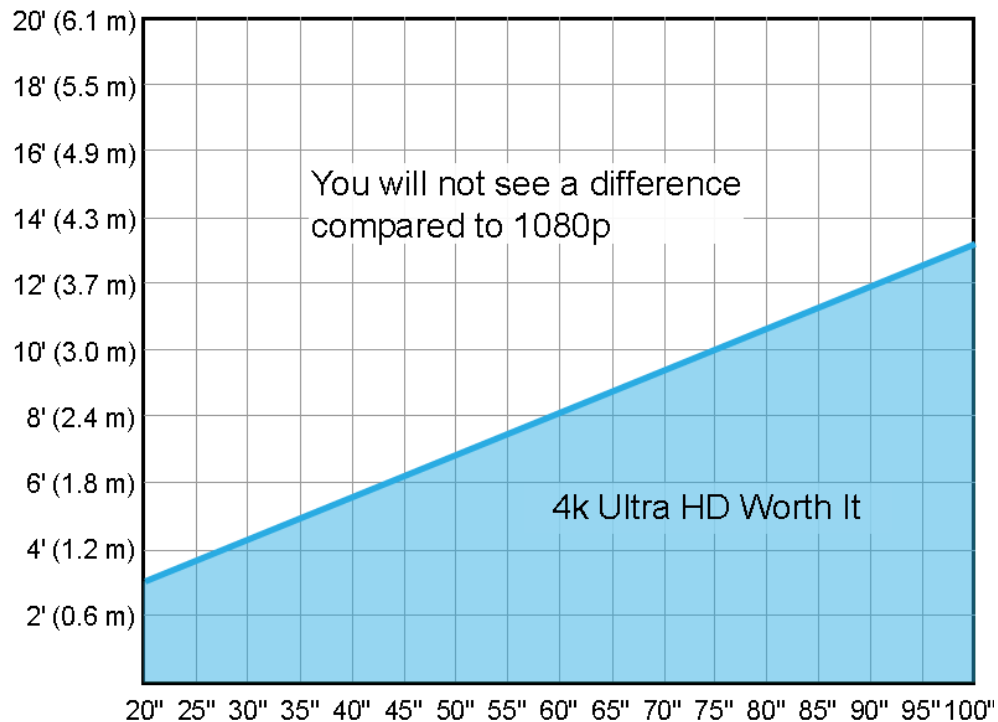
FullHD on vakiinnuttanut hyvin asemaansa erilaisissa medioissa, koska se sopii tarkkuutensa vuoksi hyvin näytettäväksi televisioruutujen kokoisille näytöille. Myös sen kohtuullinen bittivirta (tästä lisää luvussa 2.9.3) ja tästä seuraava tiedostokokoo ovat vielä sen verran pieniä, että niiden käsittelyyn ei vaadita ammattitason välineitä, vaan niitä pystytään pyörittämään lähes jokaisella nykyaikaisella tietokoneella.

2.3.5 Ultrateräväpiirto (Ultra High Definition)

Ultrateräväpiirto (eng. Ultra High Definition tai lyh. UHD) on vähintään neljä kertaa niin tarkka kuin FullHD eli ainakin 3840 x 2160 px. UHD-resoluutiosta käytetään myös termejä 4K tai 4K2K, jotka saavat nimensä vaaka- ja pystypikseleiden summittaisesta määrästä. Myös suuremmat resoluutiot, kuten 6K ja 8K, mielletään ultrateräväpiirto-resoluutioksi, mutta niitä käytetään lähinnä elokuvatuotannoissa, joissa lopputulos tuodaan ulos kuitenkin vain 4K:na tai FullHD:na.

4K-resoluutio on vähitellen yleistymässä, vaikka siinä on kuluttajatasen käyttäjille joitain epäkäytännöllisyyksiä. Koska 4K on neljä kertaa FullHD:ta tarkempi, sen tallentaminen kameralla vaatii neljä kertaa niin paljon tilaa kuin FullHD. Kuvio 3 selvittää, kuinka TV-ruudulta katsottaessa myös ihmissilmän tarkkuus alkaa tavallisilla katse-

luetäisyyksillä häviämään 4K:n tarkkuudelle, jolloin katsoja ei enää huomaa kuvassa mitään eroa, vaikka kuva olisi kuinka tarkka. (Demers 2014.)



Kuvio 3. Television tuumakoon ja järkevän 4K:n katseluetäisyyden suhde (Demers 2014)

Kolmas syy, miksi 4K ei ole lyönyt vielä kunnolla läpi on, että sen tarjonta on vielä suhteellisen vähäistä. 4K vaatii nelinkertaisen bittivirran FullHD:hen verrattuna, jos sen pikselikohtainen laatu halutaan säilyttää samana kuin FullHD:ssa. Tämä taas vaatii joko 100 Mb/s internetyhteyttä tai nelinkertaista Blu-ray-levyn lukunopeutta. (Mt.)

2.4 Progressiivinen ja lomitettu video

Digitaalista videokuvaa voidaan päivittää ruudulle kahdella eri tavalla. Progressiivinen tapa päivittää koko ruudun kerralla, eli jokainen videon ruutu näkyy kokonaisena kuvana ruudulla. Tämä merkitään tavallisesti pienellä p-kirjaimella videon vaakaresoluution tai kuvanopeuden perässä. FullHD-laatuinen, 24 ruutua sekunnissa toistava elokuva, joka käyttää progressiivista ruudunpäivitystä, voidaan merkitä siis "1080p", "24p" tai jopa "1080/24p".

Lomitettu (eng. interlaced) on erityisesti TV:ssä käytetty ruudunpäivitystekniikka, jossa näytettävä kuva jaetaan parittomiin ja parillisiin kenttiin (eng. Field), joita päivitetään vuoronperään 50 tai 60 kertaa sekunnissa riippuen siitä, ollaanko PAL- vai NTSC-alueella. Lomitettu video merkitään pienellä i-kirjaimella videon vaakaresoluution tai kuvanopeuden perässä. Lomitetun videon etuja ovat, että sen signaali ei vaadi niin paljon tilaa kuin vastaavan progressiivisen videon, ja videon välkyntä vähenee, koska ruutu päivittyy nopeammin. (Birn 2001.)

Lomitetun videon heikkouksia on nopeassa sivuttaisliikkeessä toisistaan erottuvat kentät. Kuviossa 4 näkyy samasta lähdemateriaalista tehdyn lomitetun ja progressiivisen kuvan ero.



Kuvio 4. Nopean sivuttaisliikkeen ero lomitetussa ja progressiivisessä videossa

Nykyään progressiivista ruudunpäivitystä suositetaan digitaalisen videon parissa enemmän, koska lomitetussa videossa nopeista sivuttaisliikkeistä tulee helposti sahalaitaisia ja eri aikoihin päivittyvät kentät erottuvat selvästi. Tähän ongelmaan ratkaisu on tekniikka nimeltä ”deinterlacing”, joka tekee sahalaidoista sulavammat, mutta ellei videon haluta tietoisesti olevan lomitettu, on syytä aina kuvata progressiivisena turhien työvaiheiden välttämiseksi.

2.5 Kuvanopeus

2.5.1 Yleistä

Video koostuu nopeasti peräkkäin näytettävistä ruuduista (eng. Frame). Kuvanopeus kertoo kuinka monta ruutua videossa toistetaan sekunnin aikana. Kuvanopeudesta käytetään yleisesti lyhennettä "fps", eli frames per second.

Kuvanopeudella on suuri vaikutus videon luomaan tunnelmaan. Liian suuri kuvanopeus hävittää videosta elokuvamaisen tunnelman ja tekee siitä "kuvatun" näköistä niin, että kameran läsnäolo tulee voimakkaammin esille. Liian pieni kuvanopeus tekee videosta taas nykivää ja silmiä rasittavaa. Kuvanopeuden kanssa myös valotusajaka on videossa todella oleellisessa osassa. Valotusajasta lisää opinnäytetyön kappaleessa 2.7.

Kuvausnopeus voi teoriassa olla mikä tahansa luku, mutta eri tekniikat ja tekniikan rajoitukset ovat standardisoineet tiettyjä nopeuksia, joita on totuttu käyttämään. Käydään seuraavaksi läpi yleisimmät niistä.

2.5.2 24p (23,976p)

Video, jossa toistetaan 24 ruutua sekunnissa, merkitään "24p". Se on ollut yleisesti elokuva-alalla käytetty kuvanopeus filmikamera-ajoista lähtien ja sitä käytetään edelleen paljon. Useissa kameroissa, jotka nauhoittavat myös ääntä, todellinen kuvanopeus on kuitenkin 23,976 ruutua sekunnissa, jotta ääni saadaan synkronoitua videon kanssa ilman, että kuvaa tai ääntä tarvitsisi nopeuttaa tai hidastaa ollenkaan.

Toiset sanovat että 24p tekee videosta elokuvamaisen näköistä, ja se saa katsojan helposti unohtamaan kameran olemassaolon. Toiset taas väittävät että kuvanopeudella ei ole vaikutusta tähän, vaan elokuvamaisuus tulee kapeasta syväterävyydestä, valaistuksesta ja uskottavasta maskeerauksesta yms.

24p on joka tapauksessa käytännöllinen kuvanopeus videotuotannossa, koska se vie vähän tilaa matalan kuvanopeutensa ansiosta ja näyttää yleisesti ottaen miellyttävältä.

2.5.3 25p

25p tarkoittaa videota, jossa näytetään 25 kokonaista ruutua sekunnissa. 25p on ominaisuuksiensa puolesta hyvin lähellä 24p:ta, koska ruutuja tallennetaan vain yksi enemmän sekuntia kohti. Tämä kuvanopeus tulee PAL-järjestelmästä, joka toistaa 50 puolikuvaa (50i) sekunnissa. PAL-järjestelmä on käytössä laajalti Euroopassa sekä muualla maailmassa, mutta ei Yhdysvalloissa. (Chayney. Video Frame Rates (24p, 25p, 30p, 60i), 2014.)

2.5.4 30p

Kuten nimestä voikin jo päätellä, 30p video toistaa 30 kokonaista ruutua sekunnissa. Useimmilla kuluttajatasen digikameroilla, joissa ei voi manuaalisesti säätää kuvanopeutta, pystytään tavallisesti kuvaamaan vain 30 fps:llä. 30p mielletään usein ”kotivideo”-lookiksi, koska siinä kuvanopeus alkaa olla jo sen verran korkea, että elokuva-maisuus häviää.

2.5.5 50p ja 60p

Jotkin kamerat tarjoavat mahdollisuuden kuvata videota 50p tai 60p nopeuksilla. Suuremmat kuvausnopeudet ovat hyödyllisiä varsinkin jos halutaan kuvata hidastuksia. Tällöin esim. 60 fps:llä kuvattua videota voidaan hidastaa 50%, jolloin saadaan sulavasti liikkuvaa 30p-materiaalia. Liian pienellä kuvausnopeudella kuvattua videota ei kannata hidastaa liikaa, koska kuva voi alkaa nykimään, mikäli fps tippuu liian alhaiseksi.

2.5.6 50i ja 60i

50i on PAL-alueella käytettävä kuvanopeus, jossa toistetaan 50 lomitettua tai 25 konaista ruutua sekunnissa. Tämä johtuu siitä, että PAL-järjestelmä toimii 50 Hz:n sähköverkossa.

Vastaavasti 60i on NTSC-alueella (pääasiassa Yhdysvalloissa) käytettävä kuvanopeus, jossa toistetaan 60 puolikuvaa sekunnissa. Kuvanopeus johtuu 60 Hz:n sähköverkosta.

2.6 Aukko

2.6.1 Yleistä

Aukko määrittelee kameran kennolle pääsevän valon määrän. Aukon kokoa voidaan säätää linssin sisällä liikkuvilla himmenninlavoilla. Mitä enemmän aukko on auki, sitä enemmän valoa pääsee kennolle. Aukon suuruutta mitataan f-arvolla (eng. f-stop), joka merkitään linssin nimen yhteyteen esim. "Canon EF 200mm **f/2.8**L II USM" tai "Sigma 18-35mm **F1.8** DC HSM Art".

F-arvot voivat vaikuttaa ensin hieman hämmentäviltä, koska mitä pienempi f-arvo on, sitä suurempaa aukkoa se tarkoittaa. Useimmissa linseissä f-arvot liikkuvat f/1.4 ja f/22 välillä. Tältä väliltä mahdolliset f-arvot ovat f/1.4 f/1.8, f/2.0, f/2.8, f/4.0, f/5.6, f/8.0, f/11, f/16 ja f/22. Jokainen askel f-arvoissa tuplaa tai puolittaa aukon koon ja läpi tulevan valon määrän edelliseen arvoon nähden. Kuviossa 5 vasemmalla olevassa kuvassa linssin aukon f-arvo on f/2.8 ja oikealla on havainnollistettu miltä aukko näyttää jos arvo on f/16. (Rowse 2014.)



Kuvio 5. Linssin aukko auki ja kiinni

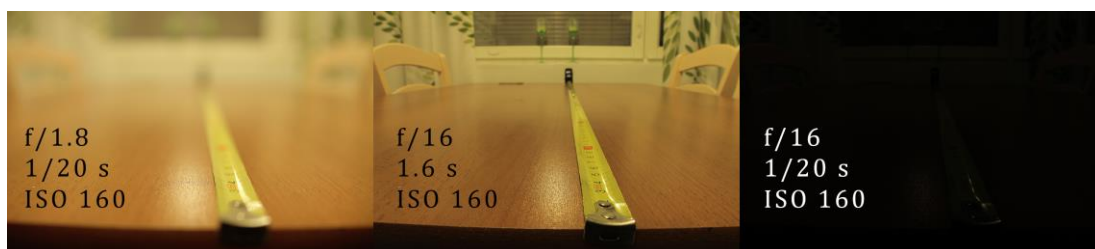
2.6.2 Valon määrä

Kuten jo mainittiin, aukko vaikuttaa oleellisesti kennolle pääsevään valon määrään. Aukon koko siis vaikuttaa suoraan tarvittavaan valotusaikaan. Aina kun aukko pienentyy yhdellä f-arvolla, valotusaika pitää kaksinkertaistaa saman valotuksen aikaansaamiseksi. (Laine 2013.)

Matala-f-arvoiset linssit ovat valovoimaisempia ja suoriutuvat paremmin vähäisessäkin valossa. Videotuotannossa valovoimaiset linssit ovat tarpeellisia, koska videoidessa valotusaikoja ei pystytä säätämään yhtä vapaasti kuin valokuvatessa järkevän näköisen lopputuloksen aikaansaamiseksi.

2.6.3 Syväterävyys

Aukon koko vaikuttaa valon määrän lisäksi myös kuvan syväterävyyteen eli alueeseen, joka kuvassa on tarkka. Ammattitermi tarkan alueen ulkopuolelle jäävästä, epätarkasta alueesta on ”bokeh”. Mitä pienempi f-arvo on, sitä pienempi myös syväterävyysalue on. Kuvio 6 havainnollistaa, kuinka aukon koko vaikuttaa kuvan syväterävyyteen sekä valotusaikaan.



Kuvio 6. Aukon koon vaikutus syväterävyyteen ja valotusaikaan

Videoissa kapea syväterävyysalue luo epärealistista (elokuvamaista) tunnelmaa ja sen avulla on helppo kontrolloida kohdetta, johon katsojan huomio halutaan kiinnittää. Dokumentaarisisissa elokuvissa käytetään puolestaan laajaa syväterävyysaluetta, jotta sisältö ei vaikuttaisi fiktiiviseltä vaan realistiselta.

2.7 Valotus videossa

2.7.1 Yleistä

Kuten valokuvatessa, myös videoidessa valotusaika vaikuttaa oleellisesti siihen, miltä lopputulos näyttää. Video kuitenkin asettaa tietynlaisia rajoitteita valotusajalle, koska valotusaikaan ei kannata säätää videon kuvanopeutta hitaammaksi.

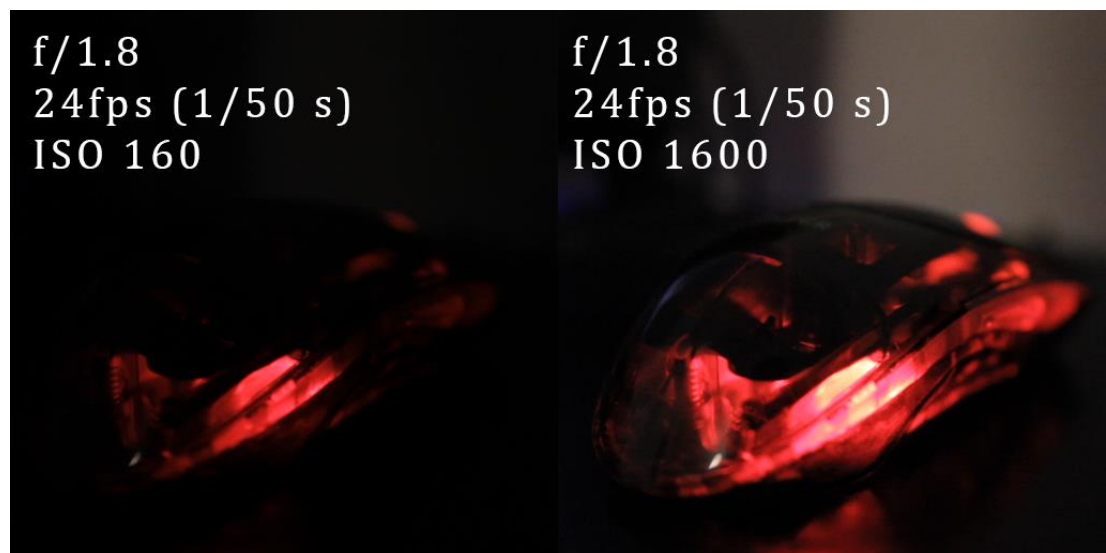
Videossa valotusaika vaikuttaa valoisuuden lisäksi myös siinä esiintyvän liiksumennuksen (eng. Motion blur) määrään. Digitaalisessa videossa pätee filmikamera-ajoilta lähtöisin oleva ”180 asteen suljinkulma”-niminen käytäntö, jossa valotusaika on kaksi kertaa kuvanopeuden määrä. Kuvattaessa siis 24 ruutua sekunnissa, valotusaika säädetään 1/48 s:iin, tai mahdollisimman lähelle sitä (useissa kameroissa 1/50s). Tämä luo elokuvissa yleisesti käytetyn määrän liiksumennusta, joka ei näytä liian terävältä, eikä myöskään sumenna koko kuvaa jos kamera liikkuu. (Taylor 2013.)

Mitä suuremmalla fps:llä videota kuvataan, sitä enemmän se tarvitsee valoa, jotta kuvasta ei tule pimeä. Varsinkin suurnopeuskamerat, jotka kuvaavat 1000 – 100 000 ruutua sekunnissa, tarvitsevat valtavan määrän valoa kuvattavaan kohteeseen, jotta lopputulos olisi siedettävän näköinen. Myös suurilla nopeuksilla kuvattaessa 180 asteen suljinkulma tuottaa elokuvamaisen näköisen lopputuloksen. (Mt.)

2.7.2 ISO

ISO on kameroissa ohjelmallinen tapa parantaa kuvan valoisuutta. Sillä voi lisätä kuvasignaalin valoherkkyyttä, mutta samalla kuvaan tulee enemmän kohinaa. Tämän takia se halutaan yleensä pitää mahdollisimman alhaisena kuvatessa ja sitä suositellaan käytettäväksi aina aivan viimeisenä keinona pimeän kuvan valottamiseen. (Camera Exposure n.d.)

Nostamalla ISO-herkkyyttä voidaan kuitenkin parantaa huomattavasti hämärässä kuvatun videon selkeyttä, mikäli aukkoa ei voida avata enempää tai valaistusta lisätä. Kuviossa 7 näkyy, kuinka ISO-herkkyyttä nostamalla videosta saadaan valoisampi tekemättä siitä kuitenkaan liian rakeista.



Kuvio 7. Video samasta kohteesta ISO 160 ja 1600 herkkyksillä

Todella suuria ISO-herkkyksiä käytetään kuluttajatasen kameroissa mainoskikkana, jolla kamera saadaan vaikuttamaan laadullisesti paremmalta, vaikka todellisuudessa suuret ISO-arvot voivat saada muuten hyvän näköisen kuvan näyttämään rumalta runsaan rakeisuuden takia. Nykyään markkinoille on tullut joitain videokameroita, jotka pystyvät tuottamaan suhteellisen kohinatonta kuvaa jopa 12 800 ISO-herkkyksillä.

2.8 RGB-väriavaruus

RGB-väriavaruus on digitaalisen median näyttämiseen käytettävä värijärjestelmä.

Nimi tulee englanninkielisistä väreistä red, green ja blue. RGB-väriavaruus koostuu siis punaisesta, vihreästä ja sinisestä väristä. Jokaisen värin voimakkuus voi olla väliltä 0 ja 255. Tällöin kolmella värillä pystytään muodostamaan yhteensä 16777216 erilaista väriä, koska $255 \cdot 255 \cdot 255 = 16777216$. (RGB Color Codes Chart n.d.)

Otetaan yksittäinen pikseli näytössä tarkasteluun. Kun esim. sinisen värin voimakkuus tässä kohdassa on 0, näytön LED-paneelissa (joka koostuu siis pienistä punaisista, vihreistä ja sinisistä valoa tuottavista diodeista) oleva sininen LED ei pala ollenkaan. Kun arvo on taas 255, LED palaa täydellä kirkkaudella. Kaikki muut arvot näiden välillä saavat LEDin palamaan eri kirkkauksilla. (Mt.)

2.9 Videon pakkaus ja tiedostoformaatit

2.9.1 Koodekki (Codec)

Digitaalisen videon pakkaaminen on oleellinen osa videotuotantoa. Tunti pakkaamattomana 1080i 60fps videomateriaalia voi viedä tilaa 410 gigatavua. Silti nykyään täyspitkiä elokuvia äänineen ja extroineen saadaan mahdutettua 50 gigatavun kokoisille Blu-ray-levyille. Tämä on mahdollista koodekkien avulla, jotka pakkaavat ja purkavat dataa pyrkien pitämään laadun mahdollisimman korkealla ja tiedostokoon mahdollisimman matalalla. (Case 2010.)

Koodekki siis ottaa pakkaamattoman tiedoston datan ja pyrkii järjestelemään sen mahdollisimman yksinkertaiseen muotoon, jotta tiedoston säilyttäminen vaatisi mahdollisimman vähän tilaa. Kun videota halutaan alkaa toistamaan, koodekki taas kääntää pakatun datan muotoon, jossa sitä pystytään näyttämään.

H.264 lienee nykypäivänä yksi yleisimmin käytetyistä koodekeista. Se pakkaa videon kohtuullisella bittivirralla tehokkaasti, huonontamatta laatua silmiinpistävästi. Sitä

käytetään yleisesti Blu-ray-elokuvien pakkausformaattina ja myös videopalvelu YouTube suosittelee H.264:n käyttöä lähetettävien videoiden koodekkina.

2.9.2 Container

Kun data on saatu pakattua halutulla koodekilla, tarvitaan seuraavaksi container, jonka sisään videotiedosto sijoitetaan. Container on ”säiliö”, jonka sisään video- ja ääniraita, sekä näihin liittyvät pakkaustiedot voidaan sijoittaa. Näin saadaan aikaan videotiedosto, joka pystytään lukemaan ohjelmilla, jotka tukevat sen tiedostoformaattia. (Case 2010.)

Käytetty container selviää tiedostopäätteestä. Yleisiä containereita ovat esim. AVI, MP4 ja MOV.

2.9.3 Bittivirta (Bitrate)

Digitaalisesta videosta puhuttaessa bittivirta kertoo, kuinka monta bittiä siirtyy annetun ajan sisällä, kun videotiedostoa toistetaan. Jotkin koodekit antavat käyttäjän itse määrittää, millaisella bittivirralla video renderöidään ja onko bittivirta toiston aikana vakio (CBR – Constant Bitrate) vai vaihteleva (VBR – Variable Bitrate). Bittivirta kerrottuna videon pituudella määrää videotiedoston koon. (Stanley n.d.)

Mitä korkeampi bittivirta on, sitä parempana videon laatu säilyy toiston aikana. Bittivirta vaihtelee tavallisesti lähdemedian mukaan. Blu-ray-levyltä toistettava 1080p-laatuinen, H.264:llä pakattu elokuva vaatii äänen kanssa noin 20 Mb/s bittivirran. Blu-ray kykenee maksimissaan 54Mb/s siirtonopeuteen. Mainitaan vertailun vuoksi, että YouTube toistaa samaa laatua, samalla pakkauksella vain 3,5 Mb/s bittivirralla. (Patterson 2012.)

Koodekki, container ja bittivirta liittyvät siis kaikki vahvasti toisiinsa ja videotuotannossa onkin tärkeää tietää millaiseen käyttöön video tulee, jotta edellä mainitut asiat osataan valita oikein.

3 3D-grafiikka

3.1 Yleistä

3D-grafiikka on tietokoneella tuotettua kolmiulotteista grafiikkaa. Se on grafiikkaa, joka koostuu X, Y ja Z-akseleilla olevista tuhansista, tai miljoonista data pisteistä. 3D-ohjelmat tulkitsevat tämän datan käyttäjäystävälliseen, visuaaliseen muotoon, jossa sitä on helppo muokata. (Slick n.d.a)

3D-grafiikalla on todella monia käyttökohteita. Näitä ovat mm. pelit, elokuvat, taide, arkkitehtuuri, esittelyvideot ja visualisoinnit.

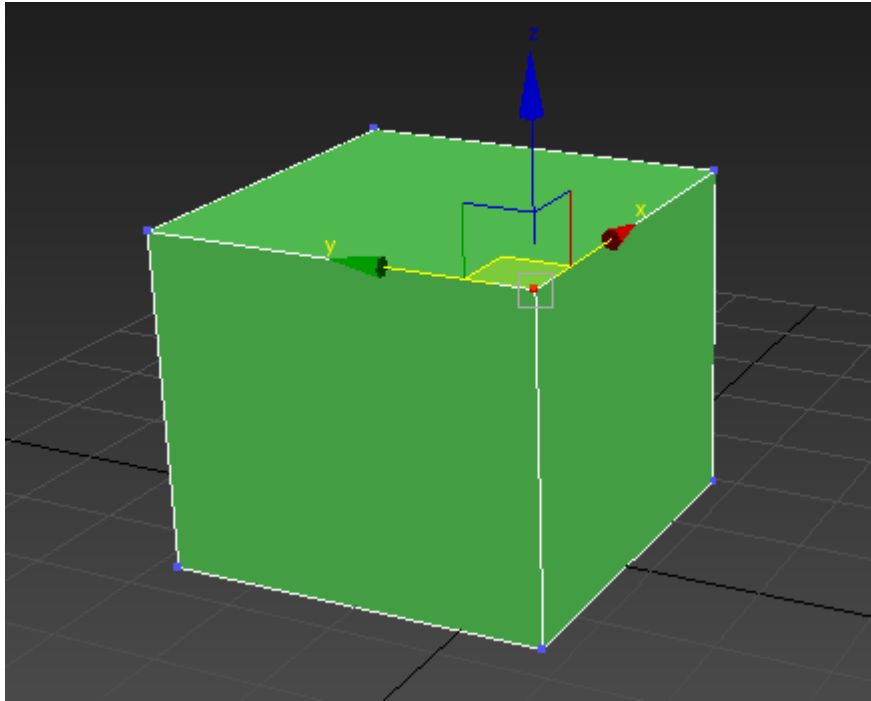
Opinnäytetyössä keskitytään tekniikkaan nimeltä matchmoving, jolla 3D-grafiikkaa voidaan lisätä digitaaliseen videomateriaaliin niin, että 3D-objekti näyttää olevan osa videota. Matchmovingiin perehdytään opinnäytetyön kohdassa 4.

3.2 Geometria

Kaikki 3D-grafiikka koostuu geometriasta. Geometria puolestaan koostuu vertekseistä, reunoista ja pinnoista. Verteksit ovat reunojen kohtaamispisteitä. Kun kolme tai useampi verteksi liittyy toisiinsa reunojen avulla, muodostavat ne sisälleen jättämälleen alueelleen pintoja, eli polygoneja. Polygonimallinnus onkin yleisin 3D-mallinnustapa, ja sitä käytetään paljon animaatioissa, elokuvissa sekä peleissä. (Slick n.d.b)

Toinen mallinnustekniikka on käyttää NURSB-pintoja (Non-uniform rational B-spline), jotka ovat ikään kuin kolmessa ulottuvuudessa toimivia Bézier-käyriä. Ne ovat polygoneihin verrattuna matemaattisesti tarkempia, ja niitä käytetäänkin useasti esimerkiksi tarkkuutta vaativissa insinööritason mallinnustöissä sekä autosuunnittelussa. (Mt.)

Kuviossa 8 on polygoneista koostuva kuutio. Sinisillä pisteillä merkityt verteksit näkyvät kuution kulmissa. Lähimpänä kameraa oleva punainen verteksi on aktiivinen, ja sitä voi vapaasti liikuttaa kolmella akselilla. Valkoiset viivat kuvaavat reunoja, ja vihreät sivut ovat pintoja eli polygoneja.



Kuvio 8. Polygoneista koostuva kuutio

Verteksit eivät ole ainoita muokattavia asioita, vaan myös reunoja ja pintoja voidaan liikuttaa ja pyörittää kolmella akselilla. Näiden lisäksi uutta geometriaa voidaan luoda vanhan pohjalta lukuisin eri työkaluin mm. pursottamalla pinnasta uutta pintaa tai jakamalla yksi verteksi useaksi pisteeksi.

3.3 Teksturointi

3.3.1 Materiaalit

Koska harvoin 3D-mallin pintojen halutaan lopullisessa työssä näyttävän samalta, kuin kuviossa 8, ne yleensä teksturoidaan. Tämä tarkoittaa, että pinnan ominaisuuksia muokataan. Näin pystytään vaikuttamaan esim. pinnan heijastavuuteen, kiiltävyy-

teen, läpinäkyvyyteen yms. Materiaaleilla on todella monia ominaisuuksia, ja niillä pystytään saavuttamaan lähes photorealistinen ulkonäkö, jos ne asetetaan oikein.

3.3.2 Tekstuurikartat

Mikäli materiaalin ei haluta näyttävän kauttaaltaan tasaisen väriseltä, voidaan ne asettaa käyttämään erilaisia tekstuurikarttoja, joilla pintoihin pystytään luomaan mm. kuvioita, epätasaisuuksia, läpinäkyviä kohtia ilman, että itse geometriaa tarvitsee muuttaa.

Jokaiseen eri käyttötarkoitukseen olevat kartat luetaan omalla tavallaan. Esimerkiksi korkeuskartta (eng. Bump map) lukee kuvatiedoston harmaasävyt ja tekee sävyn voimakkuuden perusteella materiaalin pintaan korkeuseroja. Tekstuurikarttojen käyttö on tehokas ja samalla vähän laskentatehoa vaativa tekniikka, mikäli materiaaleista halutaan realistisen näköisiä.

3.4 Valaistus

3.4.1 Standardit valot

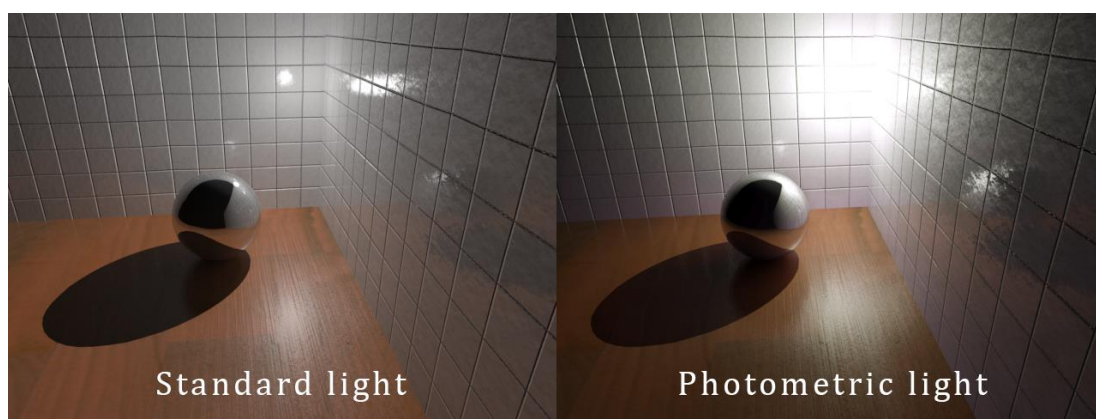
3ds Maxissa on käytössä kahdenlaisia valokategorioita. Standardit valot ovat näistä hieman yksinkertaisempia ja vaativat vähemmän laskentatehoa. Ne eivät myöskään näytä yhtä realistisilta kuin photometriset valot, joten ne soveltuvat paremmin sellaiseen työskentelyyn, jossa lopputuloksen ei tarvitse olla photorealistinen.

Standardeja valotyypppejä on valittavana kahdeksaa erilaista. Näitä ovat mm. suunta-, spotti- ja taivaanvalo.

3.4.2 Photometriset valot

Photometriset valot käyttäytyvät kuten oikeat valot. Ne vaativat standardeihin valoihin verrattuna enemmän laskentatehoa ja tämän takia niiden käyttö pidentää renderointiaikaa. Parhaiten ne toimivat kun 3ds Maxin mittayksiköt on asetettu vastaa-

maan oikean elämän mittasuhteita, eli esimerkiksi mallinnettu ihminen on noin 180 cm pitkä, ja ihmisen ympäristö on oikeassa suhteessa ihmiseen nähden. Näin valon voimakkuus ja ulkonäkö lasketaan oikein ja lopputulos on paras mahdollinen. Kuviossa 9 nähdään, miten standardi ja photometrinen valo eroavat toisistaan yksinkertaisessa ympäristössä. Voidaan huomata, että standardi valo valaisee ympäristön photometristä valoa tasaisemmin, tehden samalla ympäristöstä hieman geneerisemmän näköisen.



Kuvio 9. Standardin ja photometrisen valon vertailu

Photometrisiä valoja käyttäessä, 3ds Maxissa voidaan valita useiden ennalta määritettyjen asetusten joukosta millaista valoa halutaan käyttää. Tämä nopeuttaa työkentelyä huomattavasti tapauksissa, joissa tiedetään, että lampun halutaan olevan esimerkiksi 50-wattinen halogeeni tai 400-wattinen katulamppu.

Valojen asetuksia voidaan säätää myös manuaalisesti. Tällöin valittavissa on oikeasakin maailmassa käytettäviä muuttujia, kuten valon voimakkuus lumeneissa tai väri- lämpötila kelvineissä.

3.5 3D-Kamera

3D-kamerat ovat 3D-ympäristöön sijoitettavia kameroita, joiden liikkeitä ja ominaisuuksia pystytään muuttamaan ja tarvittaessa animoimaan. 3ds Maxissa kameratyyppejä on kahdenlaisia; Target camera ja free camera. Suurin ero näiden välillä on, että target camerassa on kameran kiintopistettä kuvaava laatikko, eli "target", jota

päin kamera aina osoittaa. Tämän avulla, varsinkin animoidessa, kameraa on helppo liikuttaa paikallaan olevan kohteen ympärillä. Free camera on nimensä mukaisesti pelkkä kamera ilman targettia. Säädetävät ominaisuudet kummassakin kamerassa ovat samat.

Kameroita käyttäessä voidaan ne asettaa käyttämään erilaisia, oikeaa elämää mallintavia efektejä, kuten esimerkiksi syvyysterävyyttä tai vastavalosta johtuvaa ”lens flare”, eli valon heijastumaa objektiivin sisällä. Matchmovingia tehdessä nämä efektit voivat auttaa hämärtämään 3D-objektin ja videon rajoja, luoden uskottavamman vaikutelman siitä, että 3D-objekti todella kuuluu kuvattuun videoon.

3.6 Fysiikka 3D:ssä

Mikäli 3D-ympäristössä halutaan simuloida oikean elämän fysiikkaa muistuttavia asioita, on 3D-ohjelmistoihin tarjolla eri fysiikkamoottoreita. Tässä luvussa keskitytään 3ds Maxissa olevaan MassFX-fysiikkamoottoriin.

MassFX on Autodeskin kehittämä fysiikkamoottori, joka pohjautuu näytönohjainvalmistaja NVIDIA:n kehittämään PhysX-fysiikkamoottoriin, joka puolestaan on erittäin suosittu fysiikkamoottori peleissä. MassFX tarjoaa monia erilaisia määritteitä, joiden mukaan objektit voidaan asettaa käyttäytymään. (Zogrim 2011; Zogrim 2012.)

Ne voidaan esimerkiksi asettaa olemaan dynaamisia, kinemaattisia tai staattisia objekteja. Dynaamisiin objekteihin fysiikka vaikuttaa heti. Kinemaattisia objekteja voidaan ensin animoida ja sitten asettaa fysiikka vaikuttamaan niihin käyttäjän määrittämän ajan jälkeen. Staattiset objektit ovat nimensä mukaan staattisia, eivätkä ne liiku painovoiman tai muiden objektien vaikutuksesta. (Mt.)

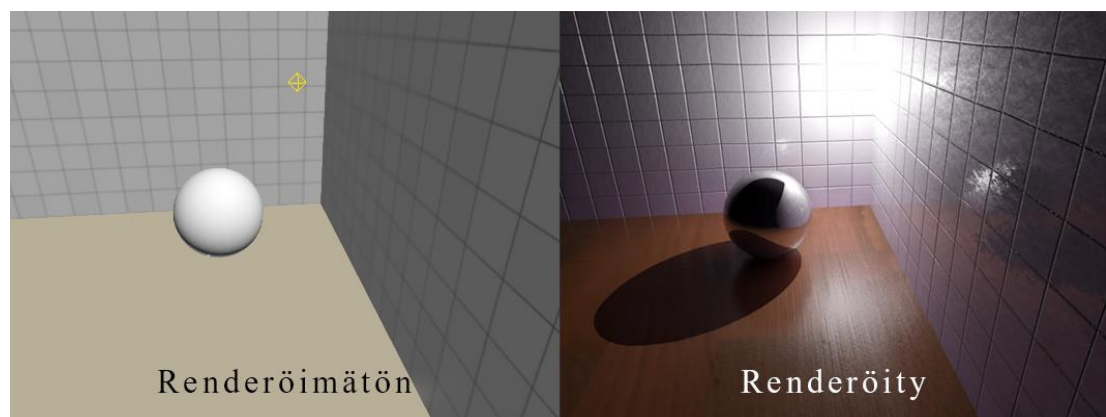
MassFX:n avulla objektin voi myös määrittää käyttäytymään lakanan tai ilmapallon tavoin. Objekti voi tällöin myös repeytyä, mikäli siihen kohdistuu liian suuri voima. Myös erilaiset sarana- ja niveltyyppiset rajoitukset ovat mahdollisia. (Mt.)

Fysiikkamoottorin avulla objektit voidaan määrätä noudattamaan määriteltyjä fysiikan lakeja 3D-ympäristössä. Tämä nopeuttaa työskentelyä huomattavasti esim. tapauksessa, jossa halutaan animoida tiiliseinä, joka hajoaa. Sen sijaan, että jokaista tiiltä tarvitsisi animoida erikseen, voidaan kaikki tiilet määrittää dynaamisiksi objekteiksi, jolloin ohjelma laskee jokaisen tiilen liikeradan automaattisesti.

3.7 Renderöinti

3.7.1 Yleistä

3D-työskentelyssä renderöintiä voidaan verrata valokuvaajan filmin kehittämiseen. Ennen kuin 3D-työt voidaan laittaa näytille, pitää ne renderöidä. Kun kuvaa tai animaatiota (eli useaa peräkkäin toistettavaa kuvaa) aletaan renderöimään, 3D-ohjelma luo ympäristön, tekstuurien ja valon muodostaman datan perusteella kuvan. Jokaiselle pikselille lasketaan oma väri ohjelman keräämän datan perusteella, kuten kuviossa 10 nähdään. (Slick n.d.c)



Kuvio 10. Renderöinnin vaikutus 3D-malliin

Renderöintiä voidaan tehdä kahdella tavalla. Ensimmäinen on pääasiassa peleissä käytetty menetelmä, reaaliaikainen renderöinti. Tässä menetelmässä muodostettavaa kuvaa renderöidään jatkuvasti uudestaan siinä tapahtuvien muutosten takia. Tämä selittää myös, miksi sitä käytetään peleissä. Koska reaaliaikainen renderöinti ei kuitenkaan liity opinnäytetyön aiheeseen, ei keskitytä siihen tämän enempää. (Mt.)

Toinen tapa, jota myös opinnäytetyössä käytetään, on ns. offline-renderöinti, jossa painopiste on tavallisesti enemmän laadun kuin nopeuden puolella. Offline-renderöinti vaatii tavallisesti enemmän aikaa yhtä kuvaa kohti kuin reaaliaikainen renderöinti, koska siinä suoritettavien laskelmien määrä on huomattavasti korkeampi. Kun halutaan tavoitella photorealistista lopputulosta, offline-renderöinti on nykytekniikalla ainoa vaihtoehto.

3.7.2 Renderöintimoottori

Renderöintimoottori päättää kuinka 3D-ympäristön luoma data lasketaan. Opinnäytetyössä käytetään oletuksena 3ds Maxin mukana tulevaa mental ray-moottoria, joka yhdistelee kahta erilaista renderöintitekniikkaa.

Näistä ensimmäinen on ”raytracing”, jossa jokainen valonsäde ja sen mahdolliset kimpoilut eri pinnoista, lasketaan erikseen. Koko ympäristön valonsäteitä ei kuitenkaan lasketa, vaan vain ne, jotka näkyvät siinä kamerassa, josta kuvaa renderöidään. Näin jokaisen kuvan kuuluvan pikselin väriarvo saadaan laskettua. (Slick n.d.c)

Toinen tekniikka on ”radiosity”, eli säteilyvyys. 3ds Maxissa se on nimellä ”Global Illumination”. Se ei perustu kameran perspektiiviin, vaan pintoihin ja niiden asentoon. Sen avulla epäsuorasta valaistuksesta saadaan realistisemmän näköinen. Käytännössä tämä tarkoittaa, että varjoista saadaan pehmeämmät ja kirkaspintaiset objektit heijastuvat lähellä olevien objektien pinnoista. (Mt.)

4 Matchmoving tuotantoprosessi

4.1 Yleistä

Nyt kun on käyty läpi mitä digitaalinen video ja 3D-grafiikka ovat, voidaan siirtyä vaiheeseen, jossa näitä kahta yhdistetään toisiinsa. Matchmoving on siis tekniikka, jossa kuvatusta digitaalisesta videosta poimitaan ohjelmallisesti kameran liike ”camera tracking”-tekniikalla talteen ja tämä data siirretään 3D-ympäristössä olevaan kameraan. Nyt kun 3D-kamera liikkuu samalla tavalla kuin kuvatussa videossa käytetty kamera, voidaan 3D-ympäristöön mallintaa objekteja, jotka saadaan helposti lisättyä kuvatun videon päälle niin, että ne vaikuttavat kuuluvat alkuperäiseen videoon.

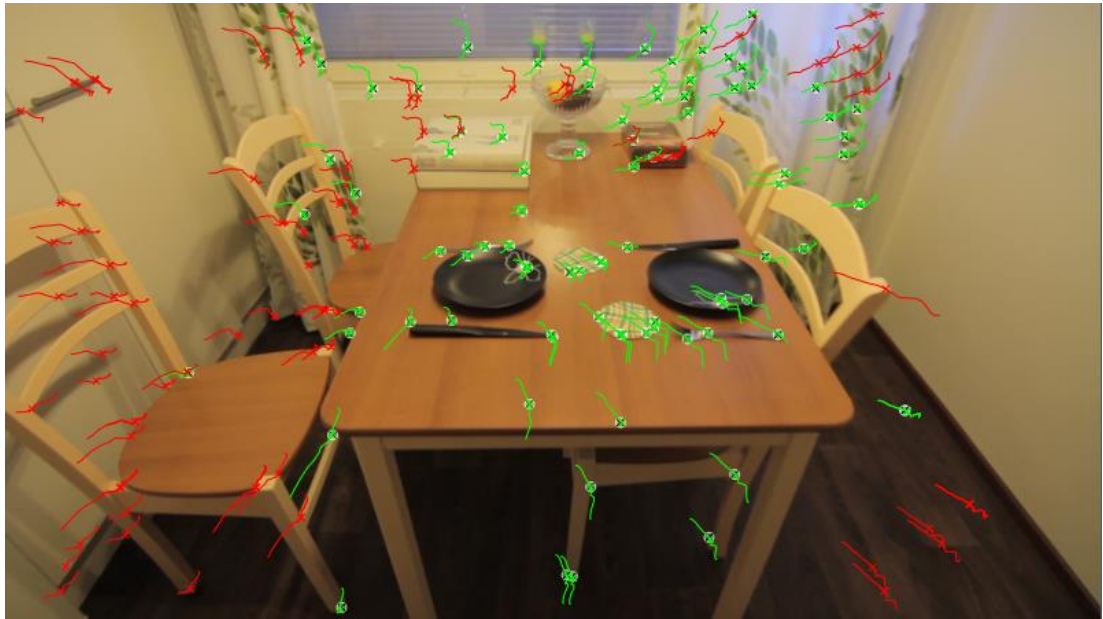
Matchmovingia käytetään paljon nykyajan TV- ja elokuvatuotannoissa, koska se on tehokas, joustava ja suhteellisen edullinen tapa lisätä kohtaukseen jälkikäteen yksittäinen objekti tai kokonainen ympäristö.

4.2 Camera tracking

Camera tracking on tekniikka, jossa digitaalisesta videosta pyritään tallentamaan siinä tapahtuvat kameran liikkeet ja muuttamaan tieto dataksi, jota voidaan hyödyntää erilaisissa ohjelmissa.

Tavallisesti tämä tapahtuu ohjelmallisesti. Ohjelma etsii automaattisesti videosta korkeakontrastisia kohtia, joita on helppo seurata. Tällaisia kohtia etsitään useita, jotta niiden suhteita toisiinsa voidaan verrata ja tämän perusteella rakentaa tulkinta ympäristöstä, joka videossa vallitsee. Kun video on ”träkätty” loppuun, ohjelma on luonut saamansa datan pohjalta pistepilven, joka vastaa suurin piirteisesti videossa olevaa maisemaa. Kuviossa 11 nähdään ohjelman poimimia trakkäyspisteitä, joita se automaattisesti seuraa. Vihreät pisteet edustavat ohjelman mielestä varmasti onnis-

tuneita träkkejä, ja punaiset taas epävarmoja träkkejä, joissa saattaa esiintyä trakkäyspisteiden liukumista.



Kuvio 11. NUKE X:n camera tracking –toiminto vauhdissa

Kun trakkäys on valmis, voidaan pistepilvestä valita yksittäinen piste ohjelman tulkitsemasta pinnasta, kuten seinästä tai maasta, johon 3D-objekti halutaan lisätä. Tämä piste toimii referenssinä 3D-objektin oikeasta sijoituspaikasta, kun trakkäysdata siirretään 3D-ohjelman puolelle tai 3D-objekti tuodaan trakkäysohjelmaan.

4.3 Ohjelmat

4.3.1 Adobe After Effects

After Effects on Adobe Systemsin kehittämä, digitaalisen videon muokkaamiseen ja luomiseen tarkoitettu ohjelmisto. Sitä ei ole tarkoitettu perinteiseen leikkaustyöhön, vaan enemmänkin yksittäisten otosten käsittelyyn ja luomiseen. After Effects tarjoaa monipuoliset mahdollisuudet todella pikkutarkkaan työskentelyyn ja onkin siksi alan johtavia ohjelmistoja.

Videokuvan käsittelyn lisäksi sillä voidaan tehdä digitaalisia ”kompositioita”, eli monista eri layereistä koostuvia animaatioita ja sommitelmia. Kompositioita käytetään jonkin verran mainoksissa ja esimerkiksi tv-ohjelmien introissa.

Opinnäytetyössä After Effectsiä käytettiin osana matchmoving-prosessia. Ohjelmistojen välisessä vertailussa After Effectsin camera tracking-toimintoa verrataan muihin ohjelmiin. After Effectsiä käytettiin myös 3D-mallin lisäämisessä kuvatus videon päälle sekä värimäärittelyssä, jotta 3D-mallin ulkonäkö ei eroa videon värimaailmasta.

4.3.2 Andersson Technologies SynthEyes

SynthEyes on varta vasten matchmovingia varten suunniteltu ohjelma, jonka kehittäjä on Andersson Technologies. Se tarjoaa todella monia erilaisia träkkäysvaihtoehtoja 2D- ja 3D-avaruudessa. Se on ammattitason ohjelmisto, ja sitä on käytetty todella monien tunnettujen Hollywood-elokuvien tuotannoissa. (What is SynthEyes? n.d.)

Vertailussa käytettiin SynthEyesin demoversiota, joka ei tue ohjelmasta ulostuontia, mutta lopputulosta voi tarkastella ohjelman sisällä.

4.3.3 Autodesk 3ds Max

3ds Max on ammattitason 3D-mallinnusohjelma, jonka kehittäjä on Autodesk. Se tarjoaa monipuoliset mahdollisuudet niin mallintamiseen kuin animointiin.

Opinnäytetyössä käytetyt 3D-mallit, eli juomalasi sekä keittiöveitsi, toteutettiin 3ds Maxilla. Ensin objektit mallinnettiin, jonka jälkeen 3ds Maxiin tuotiin ohjelmistovertailussa käytettävien ohjelmien poimima liikedata, jota 3D-kamera asetettiin seuraamaan. Vaihtoehtoisesti mallinnetut 3D-objektit tuotiin matchmoving-ohjelmistoon, jossa lopputulosta voitiin tarkastella, mikäli matchmoving-ohjelmisto ei tukenut ulostuontia. Tämän jälkeen kamera ja 3D-objektit asetettiin toisiinsa nähden oikein ja kameran näkemä kuva renderöitiin ulos yksittäisinä kuvina, jotka sitten koottiin After Effectsissä videoksi.

4.3.4 Imagineer Systems mocha Pro

Mocha Pro on Imagineer Systemsin kehittämä ohjelma, joka on suunniteltu työkaluksi auttamaan erikoisefektityöskentelyyn ja jälkikäsittelyyn. Uusimmasta versiosta löytyy myös 3D camera solver-toiminto, joka eroaa hieman perinteisestä camera tracking-työkalusta, koska se käyttää käyttäjän ennalta määrittelemiä pintoja, joita ohjelma sitten träkkää. (mocha Pro n.d.)

Imagineer Systems tarjoaa mocha Prosta demoversiota, jonka saa toimimaan 15 päivän ajaksi kuten täysiversio rekisteröimällä tuotteen verkossa. Vertailussa käytettiin rekisteröityä versiota.

4.4 Kuvauskalusto

4.4.1 Kamera

Opinnäytetyössä käytettiin Canon 60D-digijärjestelmäkameraa, joka on videokuvajien keskuudessa suosittu valinta, koska se edustaa Canonin parempaa keskitasoa, ja soveltuu ominaisuuksiensa puolesta hyvin myös videokäyttöön. Kamerassa on 18 megapikselin CMOS-kenno ja sillä voidaan kuvata FullHD-tason videokuvaa useilla eri kuvanopeuksilla. Opinnäytetyö kuvattiin käyttäen 24 fps kuvanopeutta.

4.4.2 Objektiivi

Video kuvattiin Tokinan valmistamalla 11-16 mm laajakulmalinssillä, jonka maksimi aukon koko on f/2.8. Linssi sopii hyvin sisätiloissa kuvaamiseen, koska kameraa ei tarvitse viedä kohteesta kauas, jotta se saadaan mahtumaan kuva-alaan.

4.4.3 Valaistus

Videon valaistuksessa käytettiin pääasiassa kolmea, suhteellisen keltaista valoa tuottavaa energiansäästölamppua, jotka olivat kuvattavan pöydän yläpuolella. Matchmo-

vingia tehdessä kuvattava ympäristö on syytä valaista hyvin, jotta camera trackingia tehdessä ei esiintyisi träkkäyspisteiden liukumista.

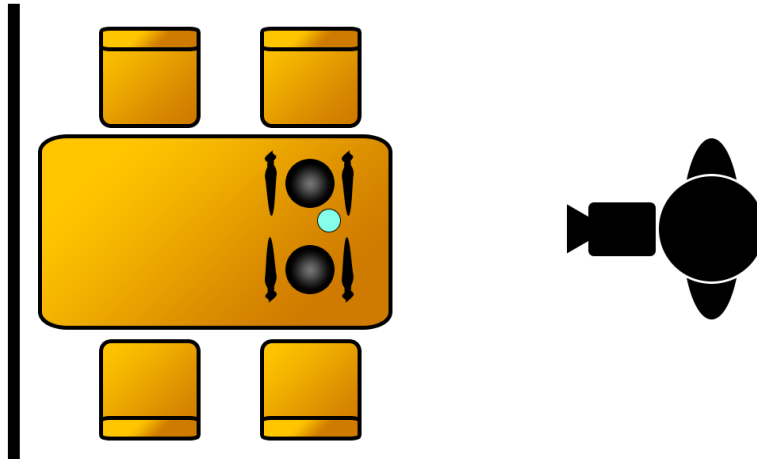
4.5 Esituotanto ja suunnittelu

Suunnittelu aloitettiin kartoittamalla, mitä kaikkea videossa tulisi tapahtumaan, mitä siinä tultaisiin käyttämään, ja kuinka video kuvattaisiin. Koska aikaisempaa kokemusta matchmovingista ei ollut, tärkeintä oli budjetoida eniten aikaa siihen ja minimoida kuvaamiseen ja 3D-työskentelyyn tarvittava aika.

Päädyttiin suhteellisen yksinkertaiseen suunnitelmaan, jossa kuvataan kameralla käsivaralta kun lähestytään katettua pöytää päädystä, ja käydään sitten istumaan pöydän ääreen. Istumaan päästyä, tulosuunnasta lentää hidastettuna keittiöveitsi, joka rikkoo pöydällä olevan juomalasin.

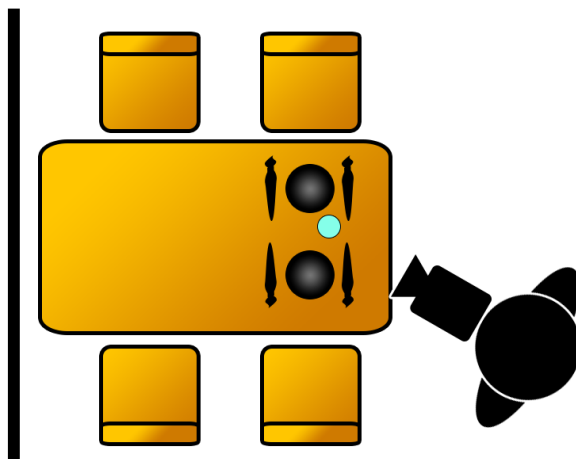
Käsivaralta kuvattuun materiaaliin päädyttiin, sillä se sopii kaikkein parhaiten opinäytetyössä käytettäväksi materiaaliksi. Siinä esiintyvä heiluminen, sekä perspektiivin muutos istumaan käydessä haastavat eri ohjelmien camera tracking-toimintoa. Tätä kautta voidaan nähdä, saadaanko jollakin ohjelmalla tarkempaa träkkäysdataa kuin toisella. Pöydällä olevat esineet varmistavat, että träkkäykseen on hyvät lähtökohdat, sillä ne luovat pöydän pinnalle kontrastisia kohtia, joita ohjelmien on helppo seurata.

Kuvio 12 selvittää videon alkuasetelman. Vaaleansininen pallo kuvaa juomalasia, joka on jälkikäteen lisätty 3D-objekti. Mustat objektit pöydän päällä ovat lautasia ja ruokailuvälineitä.



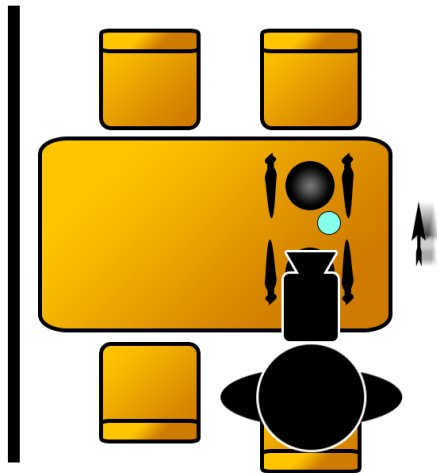
Kuvio 12. Videon alkuasetelma

Videon alettua, kamera alkaa liikkumaan pöytää kohti ja siirtyy pöydän ääreen, vasemmalle puolelle, kuten kuviossa 13 näkyy.



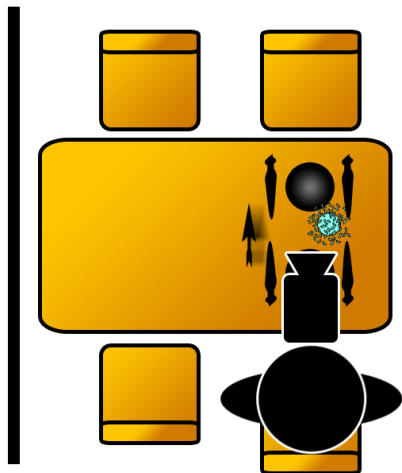
Kuvio 13. Istumapaikalle siirtyminen

Kuviossa 14 video hidastuu ja kuvan oikeasta laidasta lentää pyörivä keittiöveitsi. Veitsen lentoradalle sattuu pöydällä oleva juomalasi.



Kuvio 14. Veitsi lentää pöydällä olevaa juomalasia kohti

Kuviossa 15 näkyy, kuinka lopuksi lasiin osuttuaan veitsi särkee lasin palasiksi, jotka lentävät pitkin pöytää. Veitsi jatkaa lentoaan, kunnes häviää kuvan vasemmasta laidasta.



Kuvio 15. Veitsi rikkoo juomalasin ja jatkaa lentoaan

Jotta videosta saadaan uskottavan näköinen (3D-objektit eivät erotu videon päältä selvästi), täytyy 3ds Maxin puolella 3D-kameralle asettaa syväterävyys linssiefekti päälle. Tämä on oleellista varsinkin siinä vaiheessa, kun lasi särkyy ja sen sirpaleet lentävät kameran tarkkuusalueen ulkopuolelle.

Myös pöydän pinnan päälle, sekä pöydällä oleviin lautasiin oli 3ds Maxissa tehtävä näkymättömät pinnat, joihin keittiöveitsen, juomalasin ja sen sirpaleiden varjot asetetaan lankeamaan, jotta efekti saadaan näyttämään mahdollisimman luonnolliselta.

3D-objektien kuvallista laatua on myös hieman huononnettava jälkikäteen, jotta niiden ulkonäkö vastaa tarkkuutensa puolesta videon laatua.

4.6 Tuotantovaihe

4.6.1 Kameran ja objektiivin asetukset

Video kuvattiin käyttäen samoja asetuksia, joita LumeTech käyttää ”tavallisessa” kuvauksessa. Kuvanopeus oli 24 ruutua sekunnissa ja valotusaika noudatti 180-asteen suljinkulmaa, eli 1/48 s. Objektiivin aukko oli mahdollisimman auki maksimaalisen valoisuuden saavuttamiseksi, eli kyseisellä Tokinan 11-16 mm linssillä f-arvo oli 2.8. Tämän ansiosta kameras ISO-arvoksi voitiin asettaa suhteellisen matala 320, jossa ei vielä esiinny silmiinpistävää kohinaa. Polttoväli linssissä oli mahdollisimman laaja, eli 11 mm.

Kameran väriprofiilina käytettiin itse asetettua profiilia, jossa kontrastia, värikylläisyyttä sekä terävyyttä oli kaikkia hieman laskettu. Tämä ei tee käsittelemättömästä videosta parhaan mahdollisen näköistä, mutta jättää puolestaan enemmän pelivaraa jälkikäsitteilyyn. Näin matchmovingia tehdessä myös videon ulkonäköä voidaan säätää enemmän, jotta se ja 3D-objektit eivät erotu toisistaan niin selvästi.

4.6.2 Valaistus

Valaistus kuvauspaikalla oli valoisuuden puolesta hyvä, mutta värilämpötilaltaan vahvasti keltaisen värinen, johtuen kolmesta energiansäästölamputa, jotka tilaa valaisivat. Kamera asetettiin käyttämään keltaisessa valossa kuvaamiseen sopivaa, vahvasti sinisen sävyistä tungsten-valkotasapainoa, jotta kuvasta ei tulisi liian keltainen.

4.6.3 Kuvaus

Paras tapa saada ohjelmistojen väliset erot selville, oli kuvata lähdemateriaali käsivarralta ja niin, että kameran kanssa liikuttiin, eikä vain seisottu paikalla. Päätettiin, että videon alussa seisotaan kameran kanssa pöydän vieressä ja siirrytään istumaan pöydän ääreen, samalla kääntäen kameraa 90 astetta alkuperäisestä kuvaussunnasta. Tällä tavalla videoon tulee kameran liikettä pysty-, sivuttais-, ja syvyys suunnassa. Tämän lisäksi, videon perspektiivi muuttuu ylhäältä päin kuvatusa vaakatasoon, kun kamera siirtyy pöydän ääreen. Alla oleva kuvio 16 selvittää, millaisella näkymällä video alkaa.



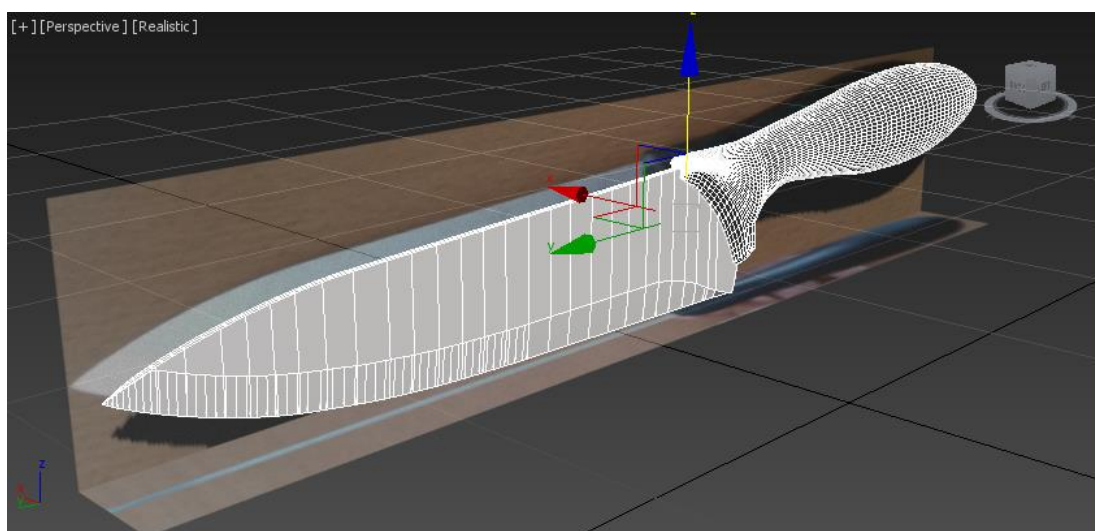
Kuvio 16. Kuvausympäristö ilman lisättyjä 3D-objekteja

Pöydälle asetetut lautaset sekä ruokailuvälineet toimivat samalla kertaa kontekstiin sopivana rekvisiittana, kuin myös hyvinä apuvälineinä varmistamaan, että camera tracking löytää videosta kontrastisia kohtia, joita on helppo seurata.

4.7 3D-mallinnus

Koska eri ohjelmistoihin tutustumiseen ja vertailuun haluttiin budjetoida aikaa mahdollisimman paljon, pyrittiin 3D-mallinnukseen tarvittava aika pitämään mahdollisimman vähäisenä. Tarvittavien 3D-objektien mallintamisen lisäksi 3ds Maxissa piti myös pitää huoli, että kohtaus ja siinä olevat objektit vastasivat mitoiltaan oikeaa kuvastilannetta. Tämä tarkoitti että kohtauksessa olevat valot ja pinnat olivat samoilla paikoilla kuin videossa.

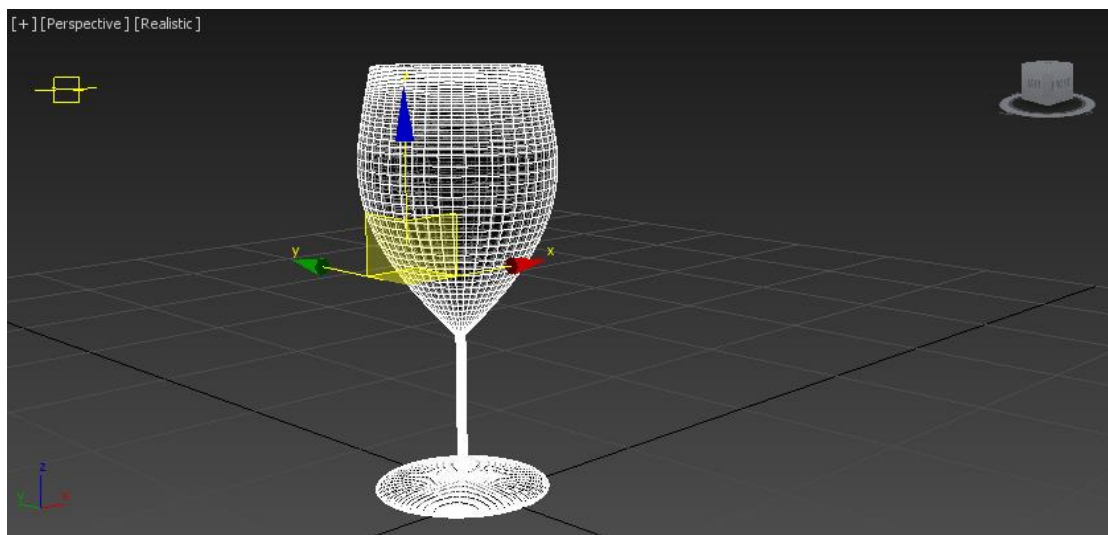
Ensimmäiseksi mallinnettiin keittiöveitsi. Oikeasta veitsestä otettiin aluksi muutama valokuva, joita sitten käytettiin 3ds Maxissa nk. "studio" luomiseen, jota taas toimi referenssinä mallintamisessa. Kuviossa 17 näkyy valmiiksi mallinnettu veitsi studion päällä.



Kuvio 17. 3D-keittiöveitsi

Veitsi mallinnettiin perinteisellä polygonimallinnustekniikalla. Terä tehtiin piirtämällä sen ääriviivat spline-viivatyökalulla, ja sitten pursottamalla sekä muokkaamalla piirrettyä profiilia hieman. Kahva muotoutui sylinteristä, jota myös pursotettiin, sekä kavennettiin tarpeen mukaan. Mallintamisen jälkeen osille asetettiin vielä materiaalit, jotka vastasivat ulkonäkönsä puolesta oikean veitsen materiaaleja; Terä ruostumatonta terästä ja kahva hieman epätasaista, kiiltävää muovia.

Seuraavaksi mallinnettiin juomalasin. Se tehtiin piirtämällä ensin lasin puolikas sivu-profiili spline-viivatyökalulla, joka sitten pyöristettiin 3ds Maxin lathe-modifierillä niin, että siitä muodostui lasi. Lasille asetettiin 3ds Maxin materiaalikirjastosta löytyvä mental ray-lasimateriaali. Kuviossa 18 on valmis lasi.



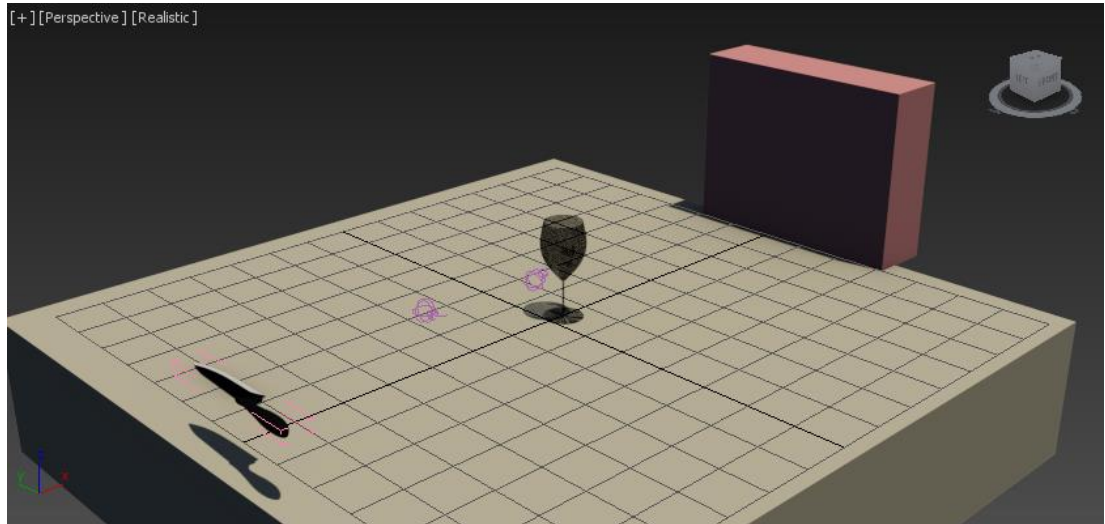
Kuvio 18. 3D-juomalasi

Kun kaksi edellä mainittua objekti oli mallinnettu, tehtiin niille vielä yhteinen testiympäristö, jossa alustavasti testattiin sitä, miten veitsi tulisi osumaan lasiin, ja kuinka lasi tulisi rikkoutumaan.

Aivan ensimmäiseksi rikottiin lasin yhtenäinen geometria käyttämällä FractureVoroimascriptiä, joka on tarkoitettu nimenomaan geometrian pilkkomiseen. Lasin jalka ja yläosan erotettiin toisistaan, ja yläosan pilkottiin 100 palaan. Tämän jälkeen veitsi animoitiin pyörimään ja etenemään niin, että sen terä lävisti lasin. Joitain lasin palasia pilkottiin vielä hieman pienemmäksi niiltä alueilta, johon terä osui, jotta rikkoutuminen näyttäisi aidommalta.

Kun lasi oli saatu sopivan kokoisiksi sirpaleiksi, asetettiin sekä veitselle että sirpaleille MassFX –fysiikkamodifier. Veitsi asetettiin olemaan kinemaattinen objekti koko animaation ajaksi, koska sen ei tarvinnut simuloida fysiikkaa. Sirpaleet asetettiin olemaan kinemaattisia objekteja siihen asti, kunnes veitsi osuu niihin. 3D-ympäristöön sijoitettiin myös kaksi PBombia, jotka räjähtävät samalla hetkellä kun veitsi osuu la-

siin. Ne lisättiin, jotta lasin sirpaleet, sekä jalka saatiin lentämään autenttisemman näköisesti veitsen osumasta. Kuviosta 19 selviää, miltä testiympäristö kokonaisuudessaan näytti.



Kuvio 19. Veitsen ja lasin testiympäristö

Lopuksi, kun simulaatio pistettiin pyörimään ja sirpaleet alkoivat lennellä, piti pommiin voimakkuutta ja sijaintia vielä hieman hienosäätää, jotta lopputulos näytti luonnolliselta. Seuraavaksi voitiin siirtyä itse matchmoving-vaiheeseen.

5 Ohjelmistojen vertailu

5.1 Ohjelmistojen valinta- ja arvostelukriteerit

Vertailuun valittiin sellaiset ohjelmistot, joiden tiedettiin tarjoavan mahdollisuudet camera trackingiin kolmiulotteisessa ympäristössä, sekä yhteensopivuuden 3ds Maxin kanssa, jotta träkkäysdata saatiin myös siinä auki.

Vertailussa käytiin ensin matchmoving-prosessi läpi jokaisella ohjelmistolla, jonka jälkeen ohjelmistojen ominaisuuksia vertailtiin keskenään. Arvosteluasteikko on 1 - 5, jossa 1 on huonoin arvosana, ja 5 on paras. Jokaisella arvosteltavalla ominaisuudella on myös painokerroin, joka määräytyy sen mukaan, kuinka tärkeä arvosteltava ominaisuus on muihin ominaisuuksiin nähden.

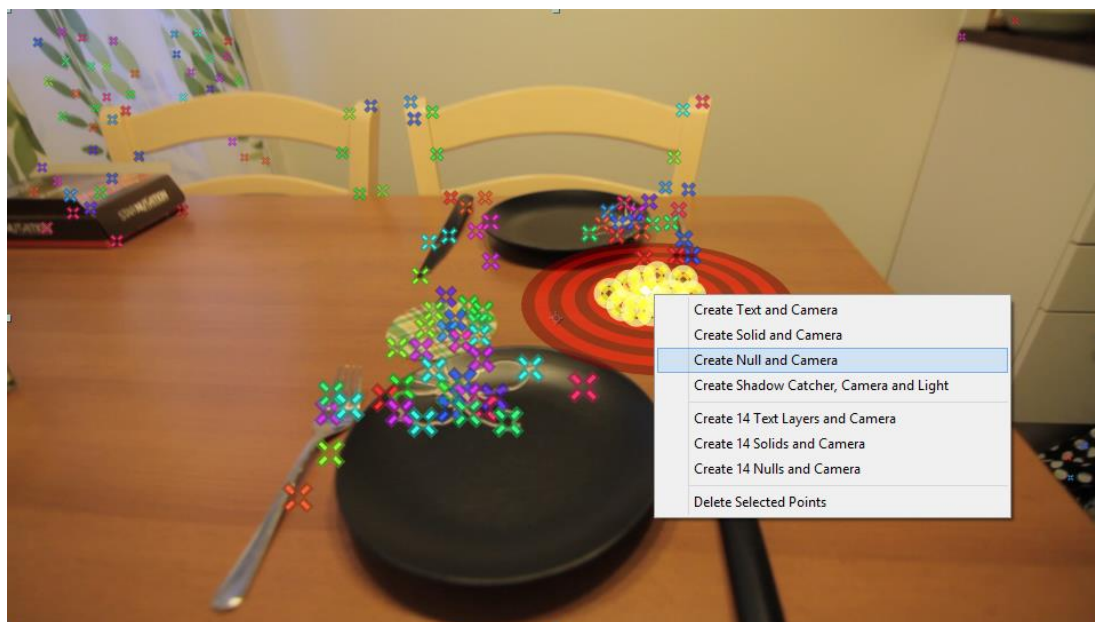
5.1.1 Adobe After Effects

Jotta matchmoving-prosessi pystyttiin viemään läpi After Effectsillä, piti siihen ladata kolmannen osapuolen skripti nimeltä "AE3D Export", joka mahdollisti träkkäysdatan ulostuomisen After Effectsistä 3ds Maxiin.

Kun kuvattu video oli tuotu After Effectsiin, ensimmäinen vaihe oli käyttää After Effectsin omaa Track Camera -toimintoa. Track Camera etsii videosta kontrastisia kohtia, joiden liikettä se seuraa. After Effects träkkäsi videota noin 2 minuuttia. Kun koko video on träkätty läpi, After Effects lisäsi videon päälle useita träkkäyspisteitä (eng. track point) niihin kohtiin, joita se on saanut onnistuneesti seurattua. Ohjelma myös rakensi karkean 3D-tulkinnan videossa esiintyvistä pinnoista träkkäyspisteiden perusteella.

Kun video oli kokonaan träkätty, etsittiin videosta onnistuneita träkkäyspisteryhmiä, joiden keskelle luotiin null-objekti sekä kamera. Valitsemalla vähintään kolme träkkäyspistettä, ohjelma näyttää kuviossa 20 näkyvän tikkataulun näköisen, punaisen

”targetin”, joka edustaa träkkäyspisteiden perusteella tulkittua pintaa. Kuviosta 20 nähdään myös, että ohjelma on tulkinut träkkäämänsä kohteen oikein, koska pöydällä olleen lasinalusen päällä olevat aktiiviset träkkäyspisteet piirtävät pöydän pinnan mukaisen targetin.



Kuvio 20. Null-objektin ja kameran luonti

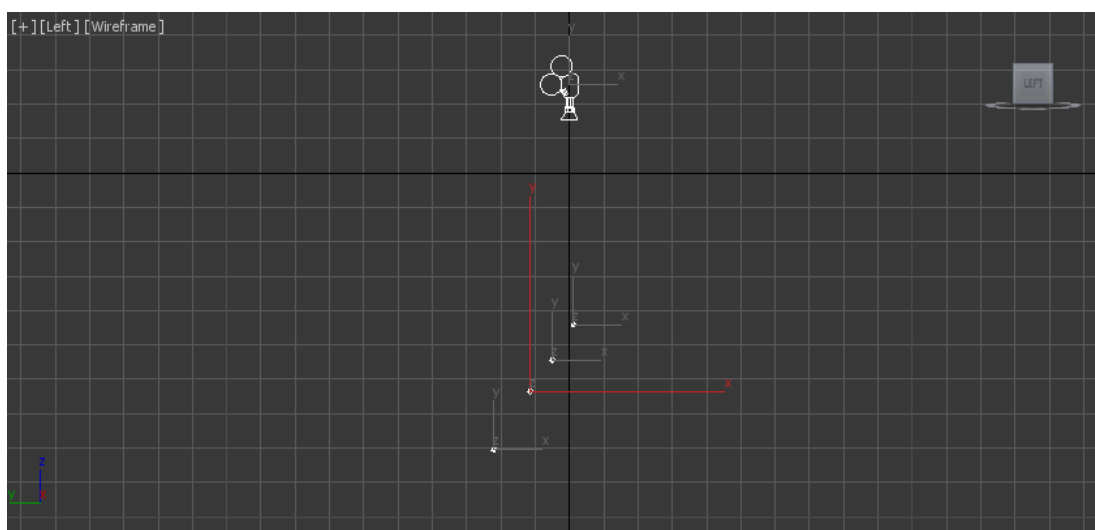
Kun kamera ja ensimmäinen null-objekti oli luotu, valittiin pöydän pinnalta vielä 3 muuta träkkäyspisteryhmää, joiden keskelle luotiin null-objektit. Nyt kompositiossa oli siis yksi kamera, sekä neljä, suunnilleen samalla korkeudella olevaa null-objektia. Kun null-objektit ovat samalla korkeudella, helpottaa tämä 3ds Maxin puolella pöytä-tason linjaamista vaakatasoon, ja tätä kautta myös pöydälle asetettavien 3D-objektien sijoittaminen on helpompaa.

Seuraava vaihe oli edellä luodun datan ulostuonti After Effectsistä. Tähän tarvittiin aikaisemmin mainittu AE3D Export –skripti. Kuviossa 21 nähdään, kuinka luoduista layereista on valittuna kamera sekä null-objektit, kun skripti käynnistettiin. Avautuneessa ikkunassa valittiin skaala, jolla data haluttiin tuoda ulos, tuontiformaatiksi valittiin 3ds Max, ja luotavalle tiedostolle annettiin tiedostonimi. Tämän jälkeen Export-painikkeen painallus loi työpöydälle MAXScript-tiedoston, joka pystyttiin avaamaan 3ds Maxilla.



Kuvio 21. Träkkäysdatan ulostuonti AE3D-skriptin avulla

Kun MAXScripti avattiin 3ds Maxissa, saatiin luodut null-objektit sekä kamera tuotua 3D-ympäristöön. Null-objektit skripti muutti 3ds Maxin vastaaviksi data-objekteiksi, helpereiksi (eng. Helper). Skripti kuitenkin toi kaiken 3ds Maxiin niin, että kamera osoitti suoraan ylhäältä alaspäin, kuten kuviossa 22 nähdään.



Kuvio 22. Sivunäkymä 3D-ympäristöstä MAXScriptin käynnistämisen jälkeen

Koska kaikki null-objektit oli luotu pöydän pinnan tasolle, seuraavaksi ne kaikki pyrittiin saamaan samaan tasoon y-akselilla. Pöytätaso siis käännettiin vaakasuoraan, jotta pöydälle sijoitettavia 3D-objekteja ei tarvitsisi alkaa erikseen kääntämään.

Kun helperit oli saatu samalle korkeudelle niin etu- kuin sivunäkymästä, renderöitiin lähdevideo kuvasarjaksi niin, että videon kaikki ruudut tallennettiin erillisiksi PNG-kuviksi. Tämä kuvasarja taas asetettiin 3ds Maxissa kameranäkymän taustakuvaksi, jotta helperit saatiin jo melko hyvin oikeille paikoilleen suhteessa videoon. Lopuksi ympäristöön luotiin vielä plane-objekti, joka keskitettiin sen helperin keskikohtaan, joka oli luotu lasinalusen kohdalle, eli paikkaan johon juomalasi oli suunniteltu sijoitettavaksi. Kuviossa 23 on lopputulos kameranäkymästä, kun planea, helpereitä, sekä kameraa siirrettiin yhdessä niin, että plane oli y-akselin 0-kohdassa. Näin y-akselin 0-kohta oli saatu täysin samalle korkeudelle lasinalusen pinnan kanssa, jolloin juomalasi oli helppo sijoittaa oikealle paikalle myös korkeussuunnassa.

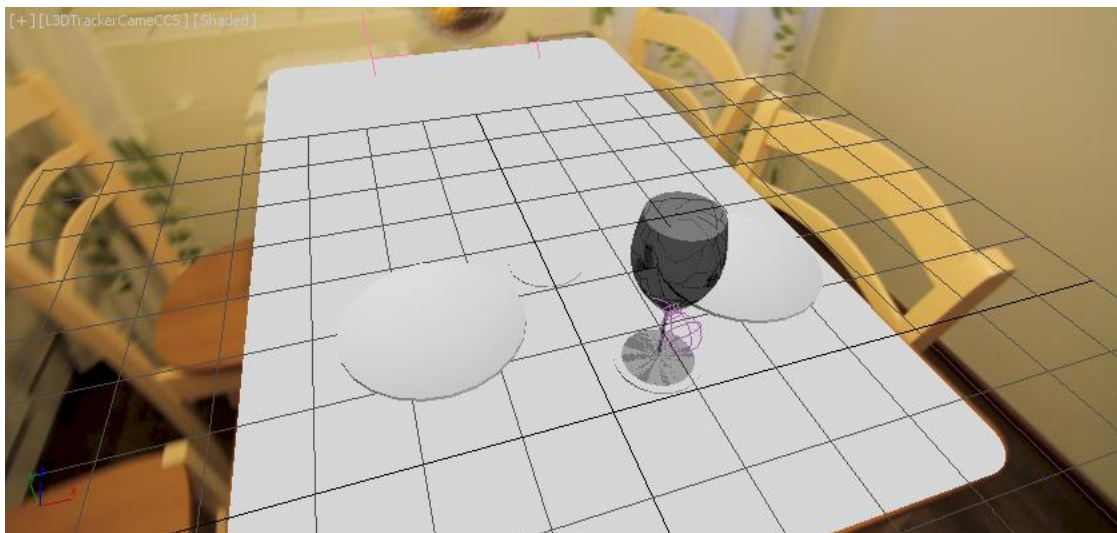


Kuvio 23. Plane pöydän kannen päällä

Nyt kun 3D-kameran liikerata oli saatu synkronoitua oikean kameran kanssa, alettiin ympäristöön lisäämään 3D-objekteja, valoja, sekä näkymättömiä pintoja, jotka ottaisivat varjot, heijastukset ja sirpaleet vastaan. Ympäristöön lisättiin myös samat PBombit, joita käytettiin testiympäristössä, jotta sirpaleet saatiin lentämään autenttisemmin.

Ensimmäisenä juomalasi sijoitettiin oikealle paikalle. Sen jälkeen pöydän kannelle, lasinalusille, sekä lautasille tehtiin videota vastaavat geometriat ja ne asetettiin oikeille korkeuksille toisistaan. Tämän jälkeen ympäristöön tehtiin kuvaustilannetta

vastaava valaistus photometrisillä valoilla, jotta 3D-objektien varjot saatiin vastamaan pöydällä olevien oikeiden objektien varjoja. Kuviosta 24 nähdään, miltä ympäristö näytti tässä vaiheessa renderöimättömänä.



Kuvio 24. Pöydän päällinen renderöimättömänä

Seuraavaksi tehtiin pieni materiaaliyhdistelmä, jotta varjot ja heijastukset saatiin toimimaan esim. pöydän sekä lasin pinnasta. Materiaalieditoriin lisättiin Matte/Shadow/Reflection-materiaalin, jonka Camera Mapped Background-kartaksi asetettiin Environment/Background Camera Map-materiaalin, jonka taas asetettiin käyttämään tiedoston Environment Mappia, eli videon ruuduista luotua kuvasarjaa. Background Camera Mapin gamma-arvoa nostettiin yhdestä kuuteen, koska oletuksena gamma-arvo oli liian alhainen, ja tämän seurauksena pöydän kansi, sekä muut saman materiaalin omaavat objektit piirtyivät liian tummina. Luotu materiaali asetettiin pöydän kanteen, lautasiin, sekä lasinalusiin. Kuviosta 25 selviää, miltä työ näytti renderöitynä.



Kuvio 25. Pöydän päällinen renderöitynä

Pöydän kannesta, lautasista ja lasinalusista tehtiin vielä staattisia staattisia MassFX-objekteja ja MassFX:n valikosta poistettiin "Use Ground Collisions"-asetus, joka mahdollisti sen, että pöydän kansi otti siihen osuvat sirpaleet vastaan, mutta reunan yli lentävät sirpaleet jatkoivat tippumistaan.

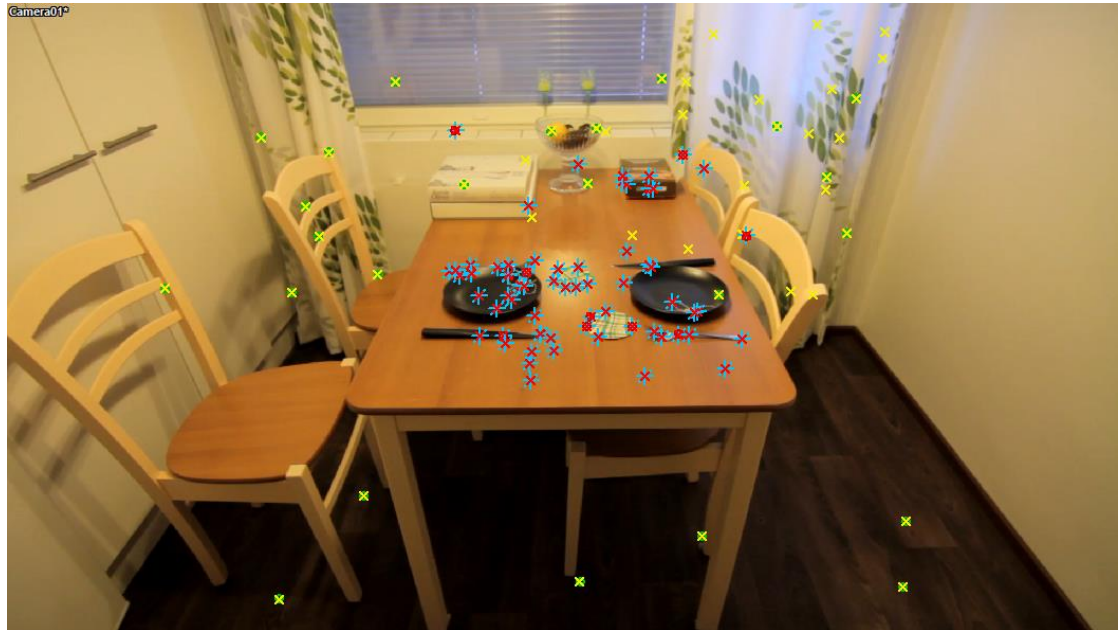
Viimeinen vaihe oli enää animaation renderöinti ulos 3ds Maxista kuvina, ja kuvien liittäminen kuvasarjana After Effectsissä alkuperäisenä videon päälle. Lopputuloksessa esiintyi todella pientä, mutta ei silmiinpistävää 3D-objektien liukumista siinä vaiheessa, kun kameran kanssa siirrytään istumaan.

5.1.2 Andersson Technologies SynthEyes

SynthEyesin demoversio ei tarjonnut mahdollisuutta tuoda sovelluksesta kokonaista träkkäystä ulos, mutta träkkäystä voitiin tarkastella SynthEyesin sisällä.

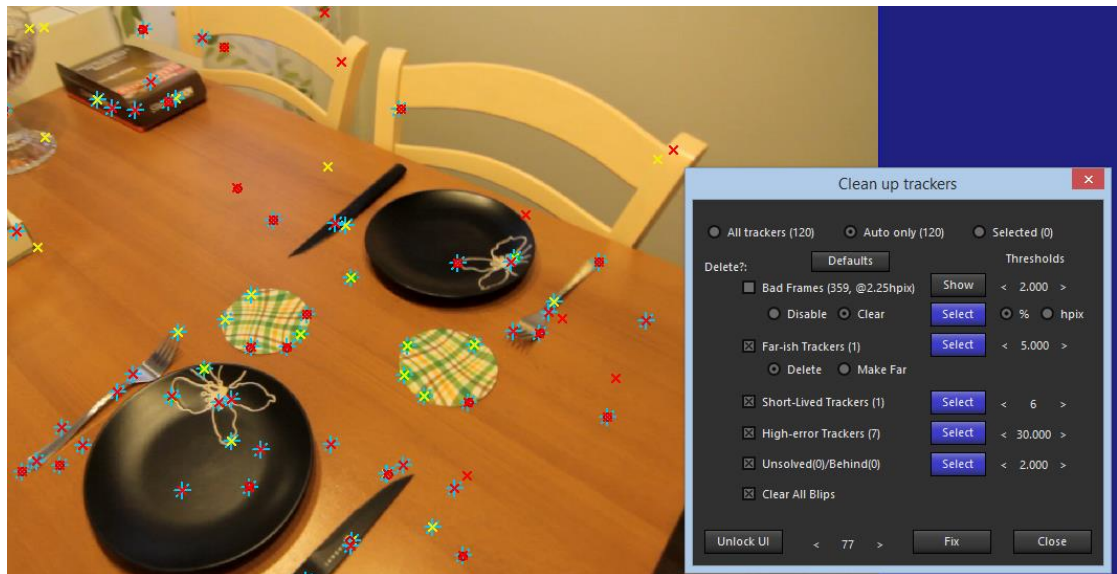
Matchmoving-prosessi oli SynthEyesissä todella nopea ja kivuton. Ensin lähdemateriaali tuotiin ohjelmaan, jonka jälkeen ohjelman auto solvingin annettiin träkkätä video. Auto solvingilta kesti vain noin 40 sekuntia, kunnes se oli träkkännyt videon kokonaan. Tämä loi videon päälle träkkäysmerkit, ja SynthEyes myös oletti automaattisesti pöy-

dän päälle luotujen trökkäysmerkkien olevan koordinaatiston 0-korkeus. Vaikka paikka oli sinänsä oikein arvattu, korkeustieto ei kuitenkaan voinut olla täysin tarkka, koska osa mukaan lasketuista trökkäysmerkeistä oli esim. haarukan piikkien päässä, tuolin selkänojassa tai lautasen päällä, eli kohdissa, jotka eivät ole pöytätason kanssa samalla korkeudella. Punaiset trökkäysmerkit kuviossa 26 kuvaavat SynthEyesin tulkitsemää 0-korkeutta.



Kuvio 26. SynthEyesin tuottama raaka trökkäysdata

0-korkeuteen ei kuitenkaan vielä tarvinnut kiinnittää huomiota, vaan ensin täytyi karsia hieman huonosti onnistuneita trökkejä. SynthEyes kuvaa trökkäyspisteiden keskimääräistä liukumista hpix (horizontal pixels) -arvolla. Ennen siistimistä arvo oli 0.9381 hpix. Huonojen trökkäyspisteiden karsinta onnistui kuviossa 27 näkyvällä "Clean up trackers"-toiminnolla. Näin saatiin poistettua trökit, jotka olivat esim. liian lyhyitä, liukuvia, tai kaukana muista trökeistä. Jokaisen määritelmän raja-arvot sai syöttää itse, mutta niiden annettiin kaikkien olla oletuksella.



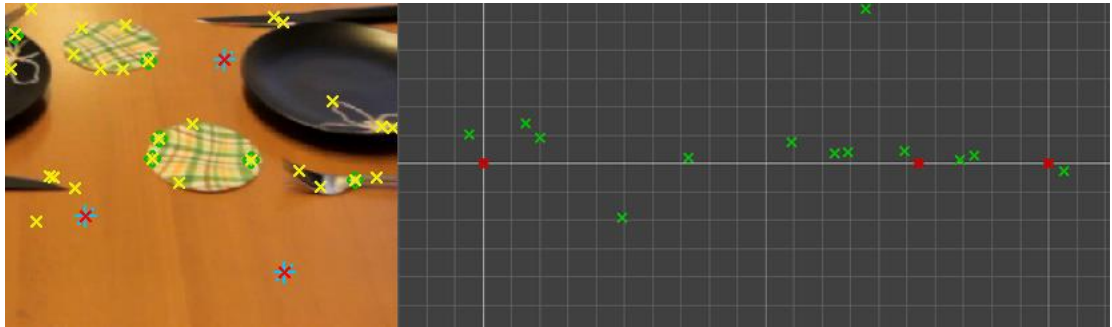
Kuvio 27. Träkkien siistimistä "Clean up trackers"-toiminnolla

Kun toiminto oli suoritettu, ajettiin auto solving vielä uudestaan jäljelle jääneiden trakkien pohjalta. Liukumista esiintyi enää 0.5884 hpix, eli keskimäärin noin puoli pikseliä. Dobbartin (2012, 71) mukaan alle yhden pikselin kokoinen liukuminen ei pitäisi olla näkyvää, joten tämä tarkkuustaso riitti hyvin.

Nyt, kun trakkäysdata oli siivottu, voitiin palata aikaisemmin mainittuun 0-korkeuteen. Loogisin paikka 0-korkeuden määrittämiseen olisi tietenkin paikka, johon juomalasi tultaisiin sijoittamaan, eli lasinalusen päälle. Tämä osoittautui kuitenkin huonoksi vaihtoehdoksi, koska lasinalusen oli hieman kaareva, jonka johdosta myös trakkäyspisteet olivat hieman eri korkeudella. Kun hieman eri korkeudella olleet trakkäyspisteet määritettiin olemaan samalla tasolla, sijoitettu 3D-objekti ei ollut enää täysin pöydän pinnan suuntainen.

Lasinalusen sijasta, pisteet päädyttiin valitsemaan pöydän pinnalta. Valittiin kolme pistettä, jotka eivät ainakaan silmämääräisesti näyttäneet liukuvan. Tämä onnistui määrittämällä "Coords"-toiminnolla kolme trakkäyspistettä, joista ensimmäinen edusti origoa, ja kaksi seuraavaa x- ja y-akselia. Kun pisteet oli määritetty, kaikki trakkäyspisteet, sekä kamera kääntyi niin, että määritetyt trakkäyspisteet olivat samalla

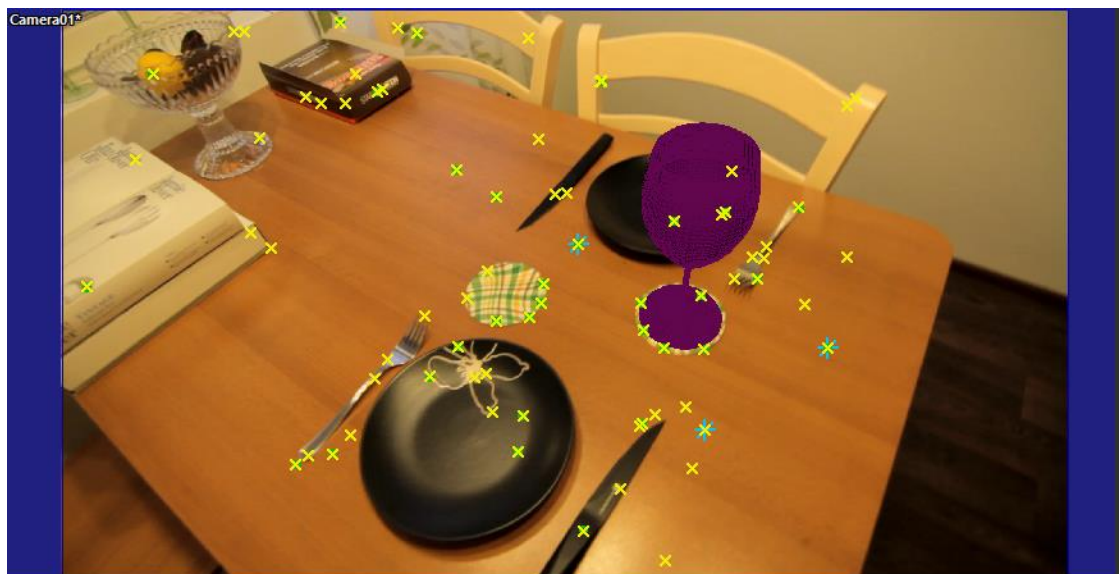
korkeudella. Kuviossa 28 nähdään, kuinka punaisella merkityt, valitut träkkäyspisteet ovat koordinaatistossa täysin samalla korkeudella.



Kuvio 28. 0-korkeudelle määritetyt träkkäyspisteet

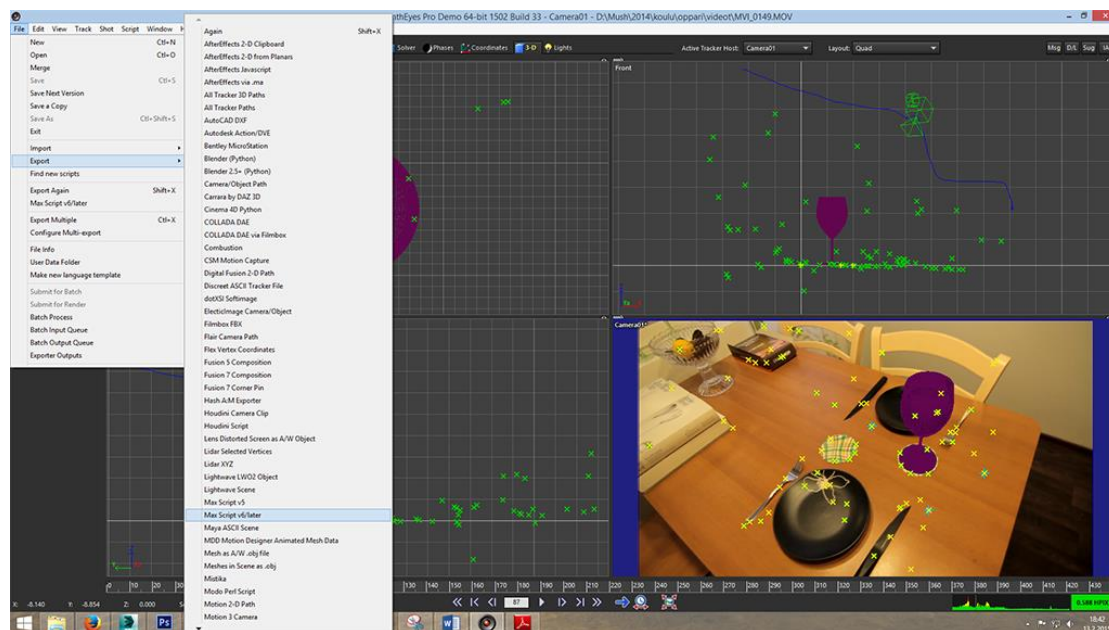
Näin ympäristö oli saatu optimaaliseen tilaan, jotta sinne voitiin alkaa sijoittamaan 3D-objektia. Koska SynthEyes ei tue 3ds Maxin omaa tiedostoformaattia, juomalasi tallennettiin DXF-formaattiin, jotta se saatiin tuotua SynthEysiin.

Kun lasi on saatu tuotua SynthEysiin, se sijoitettiin oikealle paikalle niin, että lasin alusen kohdalla olevat träkkäysmerkit maalattiin, ja katsottiin silmämääräisesti kaikkien pisteiden keskikohta, johon lasin pohja sitten sijoitettiin. Kuviossa 29 nähdään paikalleen sijoitettu juomalasi.



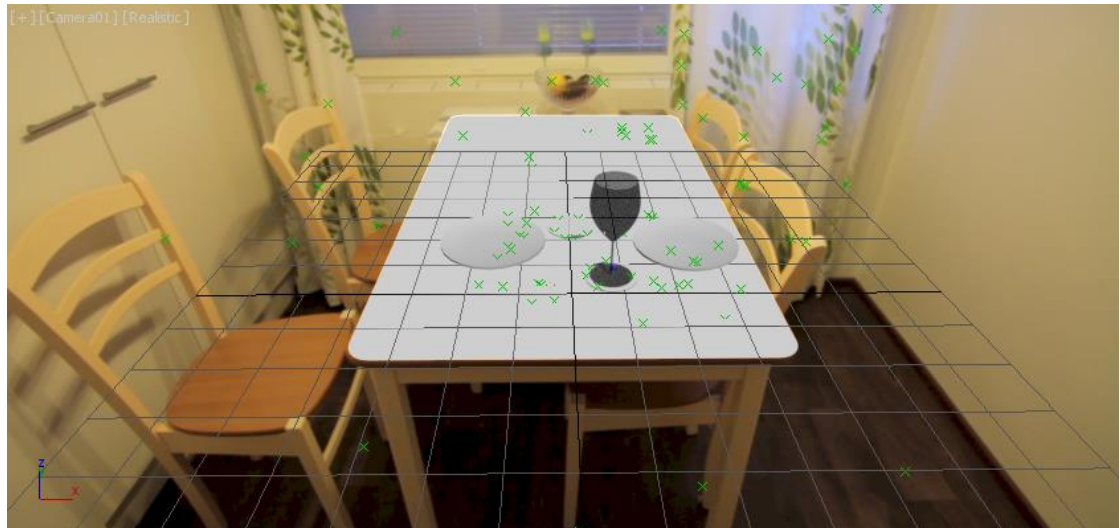
Kuvio 29. Valmiin kohtauksen esikatselu SynthEysissä

SynthEyesin sisällä ei esiintynyt silmillä havaittavaa liukumista. Demoversion ansiosta trakkäysdatasta saa kuitenkin tuotua ulos vain 6 ensimmäistä, sekä viimeisimmän ruudun, joten kokonaista lopputulosta ei pystytä renderöimään 3ds Maxilla. SynthEyes tarjoaa kuitenkin todella monipuoliset tuontimahdollisuudet useisiin ohjelmoistihin, kuten kuvioista 30 nähdään.



Kuvio 30. SynthEyesin Export-lista

Projekti pystyttiin kuitenkin tallentamaan suoraan MaxScript-tiedostoformaattiin, jossa se saatiin avattu 3ds Maxissa. Koska SynthEyesissa oli aikaisemmin määritetty ympäristön koordinaatisto ja 0- korkeus, MaxScriptin avautuessa 3ds Maxissa, samat pisteet olivat samoilla paikoilla 3ds Maxin koordinaatistossa kun SynthEyesissa. Kuviossa 31 nähdään, kuinka aikaisemmin mallinnetut 3D-objektit saatiin ongelmitta istumaan alla olevan videon kanssa samaan perspektiiviin.



Kuvio 31. 3D-objektit sovitettuna videon päälle

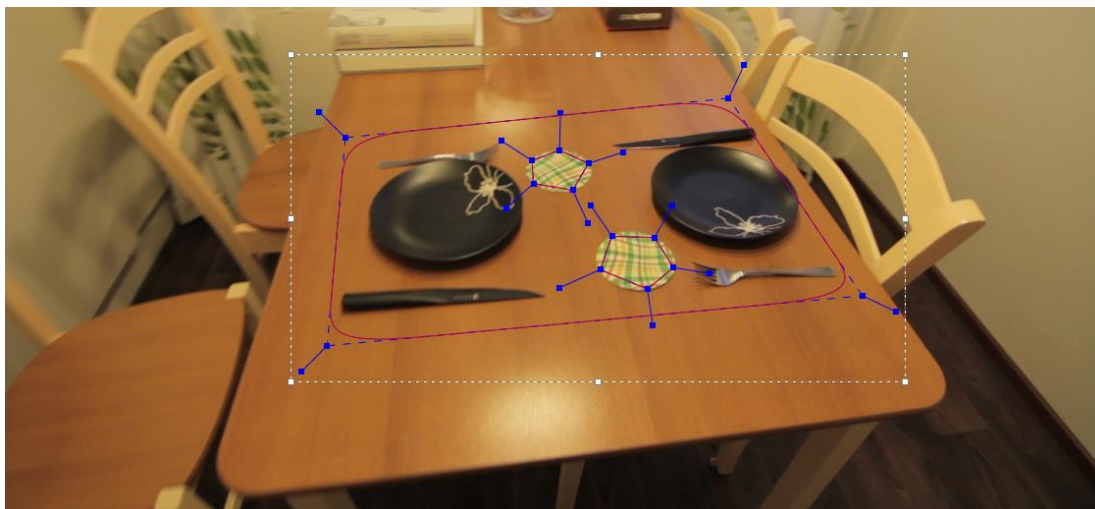
Kuuden ensimmäisen ja aivan viimeisen ruudun perusteella matchmoving onnistui hyvin. Näiden perusteella oli kuitenkin vielä mahdotonta sanoa, esiintyikö jossain välissä liukumista. Lopputulos on kuitenkin mitä todennäköisimmin täysin käyttäjästä kiinni, sillä SynthEyesia on käytetty todella tunnettujen elokuvien tuotannoissa, joista voitaisiin mainita mm. Guardians of the Galaxy, Life of Pi ja Iron Man 2.

5.1.3 Imagineer Systems mocha Pro

Mocha Prolla koko camera tracking –prosessi suoritettiin omalla tavallaan. Oikeastaan ei voida puhua edes camera trackingistä, vaan planar trackingistä ja camera solvingistä, koska mochassa ei ole camera tracking –toimintoa, vaan träkkäys suoritetaan määrittelemällä videon päälle tasaisia pintoja (eng. plane), joiden liikettä ohjelma sitten seuraa. Kun pintoja on luotu vähintään kaksi, voidaan käyttää ohjelman ”Solve Camera”-toimintoa, joka luo valittujen pintojen liikkeiden perusteella ympäristöön myös kameran.

Ensimmäinen vaihe, videon tuonnin jälkeen, oli määrittää siihen träkkättävät pinnat. Pinnoiksi määritettiin vaakatasossa olevat lasinaluset, sekä niitä ympäröivät ruokailuvälineet, jotta camera solvingin olisi helpompi ymmärtää, missä suunnassa kameran liike tapahtuu. Näin varmistettiin, että kaikki träkkäyspisteet ovat samassa tasossa,

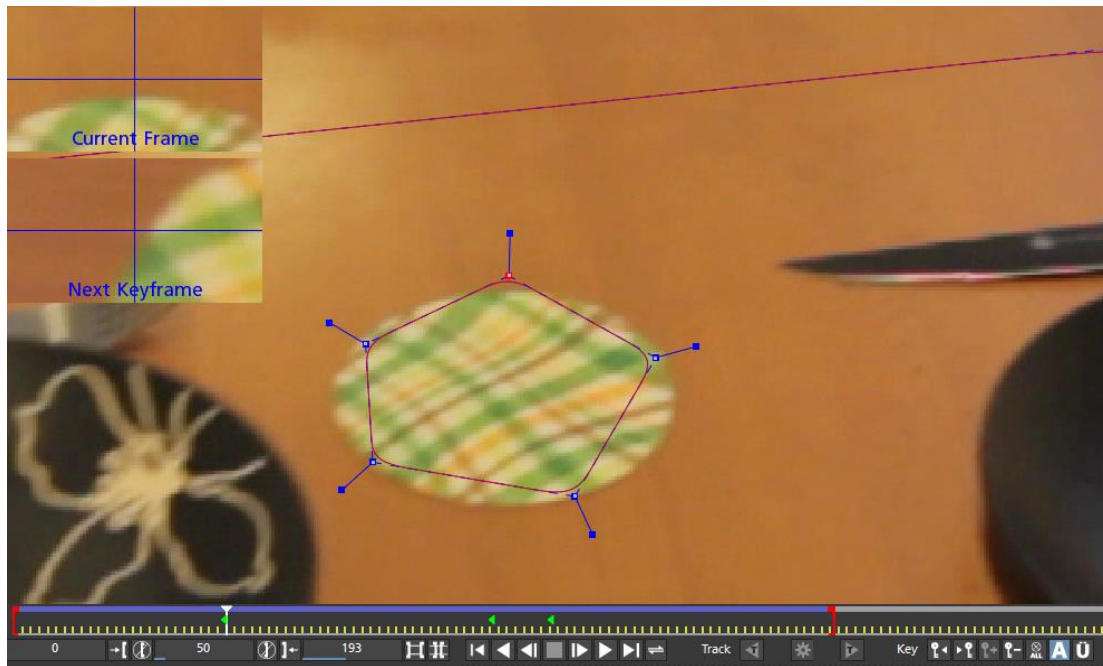
jolloin ne on helppo linjata suoraan 3ds Maxissa. Kuviossa 32 nähdään määritellyt pinnat.



Kuvio 32. Träköttäväksi määritellyt pinnat

Kun planet oli määritetty paikalleen, annettiin ohjelman seuraavaksi trököttää määrättyt kohteet. Mochan trökötyksessä hyvä ominaisuus on se, että trököttämisen voi aloittaa videon mistä kohdasta tahansa, ja trökötyks toimii myös takaperin. Tämä ominaisuus oli hyödyllinen opinnäytetyössä, koska videosta pystyttiin valitsemaan jokaiselle trököttävälle planelle erikseen paras mahdollinen kohta, josta trökötyks aloitettiin eteen- ja taaksepäin.

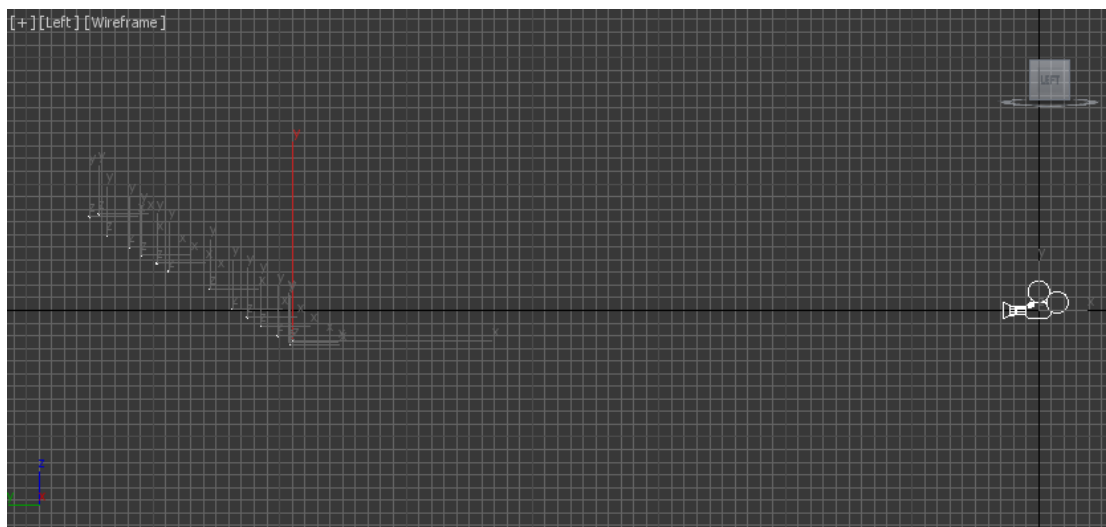
Kun ohjelmallinen trökötyks oli valmis, trökötyksjälkeä siistittiin vielä hieman manuaalisesti jokaisen trököttävän objektin kohdalla. Joissain videon kohdissa trökötyksalueet pääsivät hieman liukumaan suuremmaksi, kuin mitä trököttävä objekti oli, kuten kuviossa 33 nähdään. Ongelma oli kuitenkin helppo korjata yksinkertaisesti muuttamalla trökötyksalueen kokoa oikean kokoiseksi. Mocha loi jokaiseen tällaiseen kohtaan keyframen, ja jos trökötyks oli muuten onnistunut, muutaman korjauskeyframen luonti pitkin videota riitti.



Kuvio 33. Träkkäysalueen liukumista objektin yläosassa

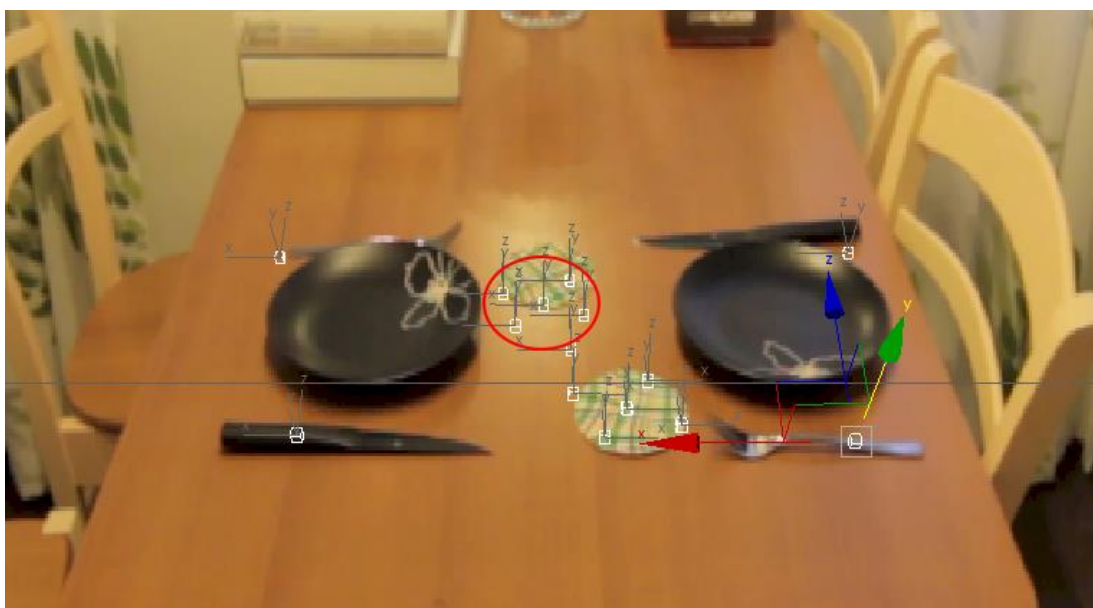
Kun träkkäysalueiden korjaukset oli saatu valmiiksi, annettiin camera solving -toiminnon tulkita trakkäty ympäristö. Tässä vaiheessa trakkäämiseen oli kulunut aikaa ainakin noin 10 minuuttia. Tämän jälkeen saatu data tallennettiin fbx-tiedostoformaattiin, jotta se saatiin avattua 3ds Maxissa.

Nyt oltiin samassa tilanteessa, kuin aikaisemmin After Effectsin kanssa, eli pöydän päälle luodut helperit piti linjata samalle korkeudelle toistensa kanssa. Kun fbx-tiedosto oli avattu 3ds Maxissa, nähtiin että ohjelma oli suorittanut trakkäyksen oikein, ja kaikki helperit olivat samassa linjassa, kuten kuviossa 34 näkyy.



Kuvio 34. Avatun fbx-tiedoston alkunäkymä sivusta

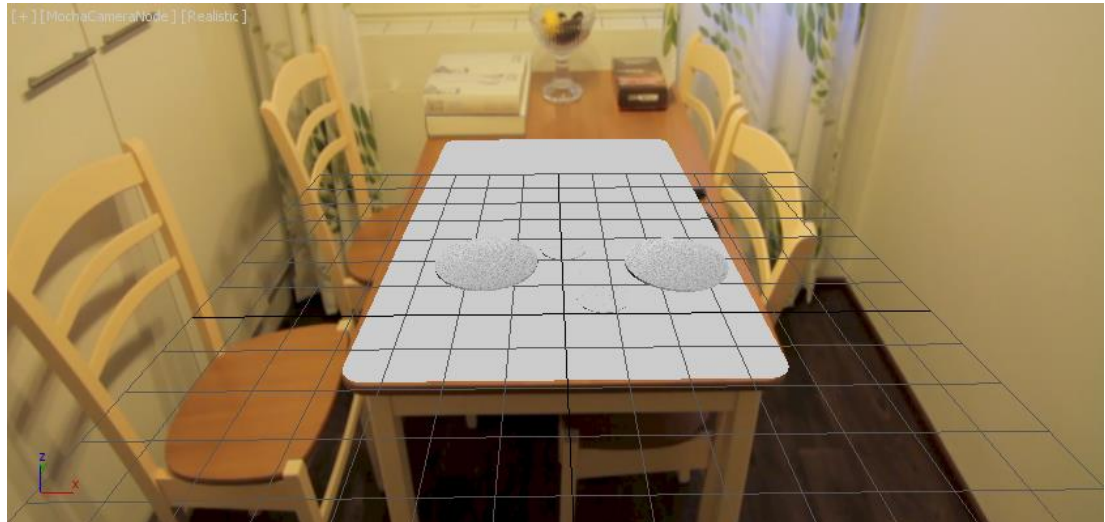
Kun helperit oli saatu linjattua vaakatasoon, ja camera-viewportin taustakuvaksi asetettiin videon ruuduista luotu kuvasarja, paljastui kuitenkin ongelma. Vaikka kummankin lasinalusen träkkäys näytti mochassa onnistuneen hyvin, 3ds Maxissa helperit näyttivät olevan lähempänä toisiaan, kuin mochassa. Helpereitä ei saatu tästä syystä aseteltua oikeisiin kohtiin, kuten kuviossa 35 näkyy.



Kuvio 35. Väärällä paikalla olevat helperit

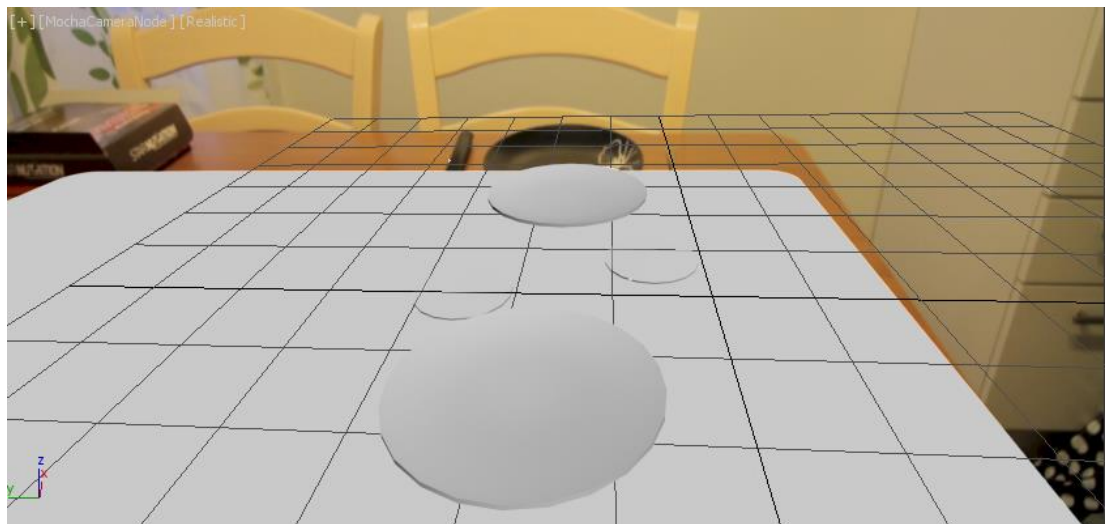
Tämä johti siihen, että kun aikaisemmin luotu pöydän kansi, sekä lautasen 3D-malli yritettiin sijoittaa paikoilleen, koko pöytä näytti olevan aivan eri perspektiivistä ver-

rattuna videoon. Kuviossa 36 3D-pöydän etureuna on asetettu samaan linjaan oikean pöydän etureunan kanssa. Siinä nähdään, kuinka 3D-pöytä ei asetu oikean pöydän kanssa samaan perspektiiviin.



Kuvio 36. 3D-pöytä sijoitettuna videon päälle

Yksiselitteistä syytä tälle ei löytynyt. Träkkäystä kokeiltiin ratkaista myös useilla eri tavoilla, määrittelemällä videoon useita erisuuntaisia pintoja, mutta nämäkään eivät korjanneet ongelmaa, vaan tuottivat sen vain eri tavalla. Kuviossa 37 nähdään, kun animaatiota lähdettiin kelaamaan eteenpäin, ei 3D-pöytä tietenkään pysynyt oikean pöydän kanssa samalla paikalla. Tästä syystä matchmoving jätettiin mochalla kesken.



Kuvio 37. 3D-pöytä ei pysynyt oikean pöydän kanssa samassa linjassa

5.2 Vertailun tulokset

Vertailussa ohjelmistojen eri ominaisuuksia arvostellaan antamalla niille arvosana asteikolla 1 - 5, jossa 1 on huonoin ja 5 paras mahdollinen arvosana. Arvosanaan vaikuttaa vielä tämän jälkeen painokerroin, joka on ilmoitettu taulukossa 1 jokaisen arvosteltavan ominaisuuden perässä olevissa suluissa. Painokertoimen suuruus määräytyy sen mukaan, kuinka tärkeä kyseinen ominaisuus on Digitoimisto LumeTechille. Painokertoimen suuruus voi olla väliltä 0,1 - 1, jossa 0,1 tarkoittaa yhdentekevää ja 1 erittäin tärkeää. Arvosteltavat ominaisuudet, sekä niiden painokertoimet ovat:

Taulukko 1. Ohjelmistojen vertailun tulokset

	After Effects	SynthEyes	mocha Pro
Ohjelmiston loogisuus / selkeys (x 0,6)	4 (x 0,6) = 2,4	4 (x 0,6) = 2,4	4 (x 0,6) = 2,4
Camera tracking –prosessin helppous / nopeus (x 0,8)	4 (x 0,8) = 3,2	5 (x 0,8) = 4	2 (x 0,8) = 1,6
Camera tracking –prosessin säätömahdollisuudet (x 0,6)	3 (x 0,6) = 1,8	5 (x 0,6) = 3	2 (x 0,6) = 1,2
Camera tracking –prosessin tarkkuus (x 1)	5 (x 1) = 5	5 (x 1) = 5	2 (x 1) = 2
Träkkäysdatan ulostuontimahdollisuudet (x 0,4)	1 (x 0,4) = 0,4	5 (x 0,4) = 2	3 (x 0,4) = 1,2
Työmäärä 3ds Maxissa (x 0,5)	3 (x 0,5) = 1,5	5 (x 0,5) = 2,5	1 (x 0,5) = 0,5
Ohjelmiston hinta (x 0,7)	5 (x 0,7) = 3,5	3 (x 0,7) = 2,1	3 (x 0,7) = 2,1
Kokonaispisteet	After Effects 17,8 / 23	SynthEyes 21 / 23	mocha Pro 11 / 23

SynthEyes siis voitti vertailun melko kirkkaasti. Lopputulos oli odotettavissa, koska SynthEyes oli kolmesta ohjelmistosta ainoa, joka on tarkoitettu nimenomaan 3D-matchmovingia varten. Myös After Effects tarjosi matchmovingiin hyvät mahdolli-

suudet, mutta sen kanssa prosessiin kuului enemmän manuaalista työskentelyä, joka puolestaan teki virheistä todennäköisempiä, ja työskentelystä hieman hitaampaa.

Vaikka Imagineer Systems mainosti sivuillaan mocha Pro 3D Camera Solver -toimintoa ja sen nopeutta, mocha Pro suoriutui vertailussa kuitenkin selvästi heikokiten. Siinä träkkäys kesti ylivoimaisesti kolmesta ohjelmistosta pisimpään, ja vaati myös eniten korjailua ja säätämistä. Mocha Pro soveltuu todennäköisesti paremmin työskentelyyn, jossa kameran liikkeet ovat hieman pienempiä ja hitaampia, eivätkä vaadi välttämättä pikselintarkkaa työnjälkeä. Oli myös hieman yllättävää, että vaikka Imagineer Systems ilmoittaa sivuillaan fbx-tiedostoformaatin olevan yhteensopiva yleisesti Autodeskin tuoteperheen kanssa, ei träkättyä dataa saatu tuotua 3ds Maxiin oikein.

Vertailun perusteella SynthEyes vaikutti järkevältä hankinnalta siitäkin huolimatta, että After Effects on osa Adoben Creative Cloud (lyh. CC) –pakettia, joka Digitoimisto LumeTechillä on jo käytössä. CC maksaa 69,99 € ilman arvonlisäveroa joka kuukausi, kun taas SynthEyes maksaa 437,94 € kertamaksuna. SynthEyesin edullisuus suhteessa sen käytön helppouteen ja nopeuteen tekee sen ostamisesta kannattavaa.

Mochasta on myöskin CC-versio, joka tulee jokaisen After Effectsin mukana, joten vaikka se ei tässä kyseisessä tehtävässä pärjännytkään hyvin, se voi osoittautua kuitenkin hyödylliseksi hieman erilaisessa työskentelyssä.

6 Jälkituotanto

Viimeinen vaihe matchmovingissa oli vielä jälkituotanto, jossa matchmovatuista kohtauksista koostettiin yhtenäinen video. Koska videossa haluttiin tehdä hidastus kesken videon normaalin toistonopeuden, jouduttiin hidastettu ja normaali versio renderöimään erikseen. Tämä siitä syystä, että normaalissa videossa kuvanopeus oli 24 ruutua (tai tarkasti ilmoitettuna 23,976 ruutua) sekunnissa ja hidastuksessa 100 kertaa nopeampi, eli 2400 ruutua sekunnissa.

Hidastus piti renderöidä niin, että videosta poimittiin yksittäinen ruutu, jonka päällä koko hidastus renderöitiin, koska 24 fps:llä kuvattua videota oli järjetöntä yrittää lähteä hidastamaan satakertaisesti.

Normaalista nopeudestakin renderöitiin kaksi versiota. Ensimmäinen oli luvussa 5.1.1 matchmovattu versio, jossa lasi on yhtenäisenä kappaleena lasinalusen päällä. Toinen versio oli hidastuksen jälkeinen tila, jossa lasi on palasina pöydällä.

Renderöinti oli opinnäytetyön pitkävetaisin vaihe. Pelkässä hidastuksessa ruutuja oli renderöitävänä noin 1300, josta jokaisen yksittäisen ruudun renderöinti kesti hieman yli kolme minuuttia. Opinnäytetyön aikana 3ds Max renderöi arviolta yhteensä ainakin 100 tuntia yhden i7-prosessorin voimalla.

Jokainen versio renderöitiin 3ds Maxissa ruutu kerralla png-kuviksi, jotka sitten tuotiin After Effectsiin png-sekvenssinä, kuten kuviossa 38 nähdään. Sekvenssien kuvanopeus piti vielä muuttaa After Effectsin olettamasta 30:stä 23,976:een, jotta se vastaisi videon kuvanopeutta.

Name	Type	Size
AE_track[0000-0202].png	PNG file	2,1 MB
AE_track_aftermath[0199-0440].png	PNG file	2,1 MB
AE_track_sirpa[0450-1780].png	PNG file	1,1 MB

Kuvio 38. Kuvasekvenssit tuotuna After Effectsiin

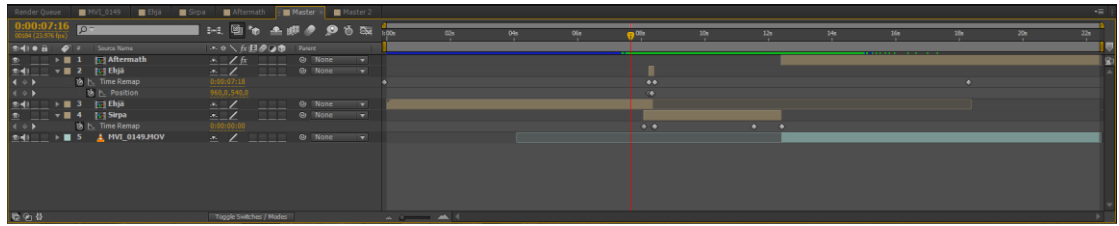
Ensin kaikki kolme versiota tehtiin After Effectsissä omiksi kompositioiksi, jotka sitten tuotiin yhteen master-kompositioon. Kompositiot sitten leikattiin vaihtumaan oikeista kohdista niin, että hidastuksen ja sen jälkeisen komposition siirtymäkohdissa ei esiintynyt nykimistä tai mitään muuta häiritsevää.

Ensimmäisessä leikkauskohdassa, jossa hidastus alkaa, piti ehjänä oleva lasi lisätä mask-työkalulla muutaman ruudun ajaksi rikkiäisen lasin päälle, koska veitsi ei ollut vielä osunut lasiin. Hidastuksessa lasi renderöitiin kuitenkin alusta asti rikkiäisenä, joten maskaaminen oli tässä tapauksessa pakollista. Koska maskattu kohta kesti vain 4 ruutua, työn jäljen ei tarvinnut olla pikselintarkkaa, koska niin lyhyessä ajassa silmä ei kerkeä huomata pieniä epäkohtia. Kuvio 39 selvittää, miltä lasi näytti ennen ja jälkeen maskauksen.



Kuvio 39. Juomalasin maskaaminen ehjäksi

Koska hidastus oli renderöity yhden ruudun päällä, saatiin hidastusefektiä voimistettua sillä, että kamerassa ei esiintynyt käsivaralta heilumista. Hidastus kestää hetken, jonka jälkeen kuva muuttuu taas normaaliin versioon, jossa sirpaleet laskeutuvat pöydälle ja kameran liike palautuu alkuperäiseen. Hidastukseen tehtiin ohjelmallisesti pientä liikettä skaalaamalla, siirtämällä ja kiertämällä videota hieman keyframejen avulla niin, että kuva ei ollut aivan staattinen. Videoon lisättiin myös pieni välähdys siihen kohtaan, jossa veitsi osuu juomalasiin, jotta veitsen osumista saatiin hieman tehostettua. Kuviossa 40 nähdään, miltä master-kompositio näytti kun leikkaukset olivat valmiit.



Kuvio 40. Master-komposition sisältö valmiina

Viimeisenä videon reunoihin lisättiin vielä vinjetti-efekti ja video värimääriteltiin. Vinjetti lisättiin tekemällä kompositioon ensin adjustment layer, jonka päälle lisättiin ovaalin muotoinen maski. Layeriin lisättiin sitten levels-efekti, josta mustan värin voimakkuutta säädettiin suuremmalle. Värimäärittely suoritettiin lisäämällä kompositioon toinen adjustment layer, johon lisättiin curves-efekti, jonka avulla videon väri-
käyröjä pystyttiin säätämään. Lopputulos nähdään kuvioista 41, jossa video on renderöintiä vaille valmis.



Kuvio 41. Video vinjetti-efektin sekä värimäärittelyn jälkeen

Lopuksi työ renderöitiin ulos After Effectsistä h.264-koodekilla mov-formaattiin. Tämän jälkeen kyseinen videopätkä jäi odottamaan Digitoimisto LumeTechin showreel-videon valmistumista.

7 Tulokset ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli syventää omaa tietämystä sekä osaamista matchmovingin saralta, ja tätä kautta kartoittaa paras mahdollinen matchmoving-ohjelmisto Digitoimisto LumeTech osk:n käyttöön. Samalla Digitoimisto LumeTechin palveluntarjontaa pystyttiin laajentamaan ja saamaan kilpailuetua muihin paikallisiin yrityksiin nähden, sillä matchmoving on palvelu, jota harva pienempi paikallinen yritys tarjoaa. Opinnäytetyön tekijä toimii Digitoimisto LumeTechillä pääasiallisena videotuotannosta vastaavana henkilönä, joten opinnäytetyön kautta saatu kokemus ja tietämys hyödyntävät suoraan myös yritystä. Työn tuloksena syntyi lyhyt video, jossa keittiön pöydällä oleva juomalasi rikkoutuu hidastettuna siihen lentävän veitsen ansiosta. Juomalasi ja veitsi ovat 3D-malleja, jotka lisättiin videoon matchmovingin avulla.

Asetettuihin tavoitteisiin oman osaamisen osalta päästiin hyvin. Vaikka tuloksena syntyneen videon näytettävyyys ei ollut aivan samalla tasolla, kuin opinnäytetyötä aloittaessa visioitiin, oli työn läpivienti kuitenkin todella opettavainen ja kehittävä kokemus. Oma osaaminen ja tietämys matchmovingista kasvoivat sille tasolle, että vastaavuudessa matchmovingia suunnitellessa osaa ottaa huomioon siihen tarvittavat asiat, sekä tietää jotkin mahdolliset sudenkuopat ja kuinka niiltä voi välttyä. Erilaisia kokeiluja tullaan varmasti tekemään lisää, koska yhdenlaisen kohtauksen matchmoving ei varmasti paljasta vielä kaikkia mahdollisia ongelmakohtia. Yksi merkittävimmistä huomiosta työn aikana oli hidastusta koskeva useamman version renderöinnin tarve eri kuvanopeuksista riippuen, joka huomattiin vasta siinä vaiheessa, kun ensimmäinen versio normaalinopeudella oli renderöity. Kyseisessä työssä ongelma oli kuitenkin helppo ratkaista käyttämällä hidastuksen taustalla yksittäistä ruutua, mutta muissa projekteissa se ei välttämättä ole mahdollista, joten oli erittäin hyvä, että asia tuli esille opinnäytetyön, eikä asiakastyön aikana.

Digitoimisto LumeTechille löydettiin myös erittäin sopiva ohjelmisto, jolla matchmovingia voidaan harjoittaa. Ohjelmistojen vertailun tuloksena voitiin positiivisena yllä-

tyksenä huomata, että LumeTechin tarpeisiin kelvollinen matchmoving-ohjelmisto voi saada muutamalla sadalla eurolla sen sijaan, että ohjelmistoon tarvitsisi sijoittaa useita tuhansia euroja. Vertailun voittanut SynthEyes tarjoaa todella paljon ominaisuuksia, jotka eivät tulleet opinnäytetyön aikana esille, joten kun sitä käyttää enemmän, oppii varmasti vielä lisää työskentelyä helpottavia ja nopeuttavia ominaisuuksia monimutkaisissakin projekteissa. Hieman pettymystä tuottava asia oli, että kolmesta vertailtavasta ohjelmistosta vain yhdellä matchmoving prosessi pystyttiin viemään kokonaan läpi niin, että lopputulos saatiin kokonaisena videona ulos.

Oli myös yllättävää huomata, että oikeilla työkaluilla, suhteellisen yksinkertainen matchmoving on kohtalaisen helppoa ja nopeaa, jos 3D-mallinnukseen ja renderöintiin kuluva aikaa ei oteta huomioon. 3D-työskentelyyn kului kuitenkin yllättävän paljon aikaa, vaikka lopputulos pyrittiin pitämään mahdollisimman yksinkertaisena. Tämänkin puoli on tulevaisuudessa hyvä ottaa huomioon kun projektien aikatauluja suunnitellaan. 3D-puolella eniten parantamisen varaa jäi lasinsirpaleiden fysiikoissa, koska sirpaleiden olisi haluttu lentävän enemmän veitsen heittosuuntaan, mutta 3D-ympäristössä käytettyjen partikkelipommien avulla lopputuloksesta ei saatu aivan aidon näköistä, vaikka pommien voimakkuutta säädettiin suuremmaksi. Aikaansaatu jälki oli kuitenkin tarpeeksi miellyttävä, eikä se ollut niin isossa roolissa opinnäytetyön lopputuloksen kannalta, että siihen olisi kannattanut käyttää enempää aikaa.

Kaiken kaikkiaan näinkin yksinkertainen projekti paljasti hyvin millaisia mahdollisuuksia, ja millaisia rajoitteita matchmovingin parissa voi olla. Mikäli tulevaisuudessa Digi-toimisto LumeTech pääsee tarjoamaan asiakkailleen videoprojekteja, joissa käytetään matchmovingia, opinnäytetyöstä opituista asioista on varmasti hyötyä. Varma tapa säilyttää kohtauksissa uskottavuus on toteuttaa matchmovatut kohdat lyhyinä leikkauksia ja niin, että kameran liikkeet ovat hillittyjä silloin, kun 3D-objektit ovat näkyvillä. Opinnäytetyö opetti myös, että kuvausympäristön ominaisuudet ovat tärkeässä osassa matchmovingia tehdessä. Ympäristöstä pitää löytyä tarpeeksi kontrastisia kohtia, jotta kohtausta saadaan trakkäyttä tarpeeksi tarkasti, ja näin trakkäysjäljen

liukuminen saadaan minimoitua. Nämä opit antavat hyvät lähtökohdat, kun seuraava matchmoving-projektia lähdetään suunnittelemaan.

Lähteet

Birn, J. 2001. Fields, Interlaced Video, Fieldrate Rendering. 3drender-sivusto. Viitattu 15.12.2014. <http://www.3drender.com/glossary/fields.htm>

Camera Exposure. N.d. Tutoriaali Cambridge In Colour-sivustolla. Viitattu 16.12.2014. <http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/camera-exposure.htm>

Case, L. 2010. All About Video Codecs and Containers. Artikkelit Techhive-sivustolla. Viitattu 16.12.2014. http://www.techhive.com/article/213612/all_about_video_codecs_and_containers.html

Chaney, M. N.d. Video Frame Rates (24p, 25p, 30p, 60i). Steves-digicams-sivusto. Viitattu 15.12.2014. <http://www.steves-digicams.com/knowledge-center/video-frame-rates-24p-25p-30p-60i.html>

Demers, C. 2014. 4k vs 1080p TVs: Think twice before upgrading. Rtings-sivusto. Viitattu 15.12.2014. <http://www.rtings.com/info/4k-ultra-hd-uhd-vs-1080p-full-hd-tvs>

Digikameroiden kennotyyppien eroja. 2003. Digifaq-sivusto. Viitattu 11.12.2014. http://digifaq.info/digi_omat/kennot.html

Dobbert, T. 2012. Matchmoving: The Invisible Art of Camera Tracking. 2. p. John Wiley & Sons.

Forza 100+ MP CAM Platform. N.d. Forzasilicon-sivusto. Viitattu 12.12.2014. <http://www.forzasilicon.com/forza-100-mp-cam-platform/>

Kysymyksiä ja vastauksia antenni-tv-vastaanottoon liittyen. N.d. FAQ-osio Digita-sivustolla. Viitattu 12.12.2014. <http://www.digita.fi/kuluttajat/tv/faq>

Laine, T. 2013. Aukko ja Syvyysterävyys. Timolaine-sivusto. Viitattu 16.12.2014. <http://www.timolaine.fi/aukko-ja-syvyysteravyys/>

Mocha Pro. N.d. Imagineer Systems-sivusto. Viitattu 7.1.2015. <http://www.imagineersystems.com/products/mocha-pro/>

Patterson J. 2012. Video Encoding Settings for H.264 Excellence. Lightterra-sivusto. Viitattu 16.12.2014. <http://www.lightterra.com/papers/videoencodingh264/>

Powerful node based VFX, editorial & finishing tools. N.d. The Foundry-sivusto. Viitattu 7.1.2015.

<http://www.thefoundry.co.uk/products/nuke/>

Real Team. 2012. A Brief History of Digital Video. Blogikirjoitus Real-sivustolla. Viitattu 12.12.2014. <http://www.real.com/resources/digital-video-file-formats/>

RGB Color Codes Chart. N.d. RapidTables-sivusto. Viitattu 16.12.2014.

http://www.rapidtables.com/web/color/RGB_Color.htm

Rowse, D. Introduction to Aperture in Digital Photography. N.d. Digital Photography School-sivusto. Viitattu 16.12.2014. <http://digital-photography-school.com/aperture/>

Slick J. N.d.a. 3D Defined - What is 3D? About-sivusto. Viitattu 17.12.2014.

<http://3d.about.com/od/3d-101-The-Basics/a/3d-Defined-What-Is-3d.htm>

Slick J. N.d.b. Anatomy of a 3D model. About-sivusto. Viitattu 18.12.2014.

<http://3d.about.com/od/3d-101-The-Basics/a/Anatomy-Of-A-3d-Model.htm>

Slick J. N.d.c. What is Rendering? About-sivusto. Viitattu 19.12.2014.

<http://3d.about.com/od/3d-101-The-Basics/a/Rendering-Finalizing-The-3d-Image.htm>

Stanley D. N.d. What bitrate should I use when encoding my video? How do I optimize my video for the web? Ezs3-sivusto. Viitattu 16.12.2014.

http://www.ezs3.com/public/What_bitrate_should_I_use_when_encoding_my_video_o_How_do_I_optimize_my_video_for_the_web.cfm

Taylor R. 2013. Quick Tip: How Does Shutter Speed Affect Video? Artikkele Tutplus-sivustolla. Viitattu 16.12.2014. <http://photography.tutsplus.com/articles/quick-tip-how-does-shutter-speed-affect-video--photo-12092>

Williams R. 2013. So What Exactly is "4K", Anyway? Uutinen Techgage-sivustolla. Viitattu 12.12.2014. <http://techgage.com/news/ces-2013-so-what-exactly-is-4k-anyway/>

What is SynthEyes? N.d. Ssontech-sivusto. Viitattu 7.1.2015.

<https://www.ssontech.com/synovu.html>

Video Aspect Ratios. 2013. Artikkele Red-sivustolla. Viitattu 11.12.2014.

<http://www.red.com/learn/red-101/video-aspect-ratios>

Zogrim. 2011. 3ds Max 2012 released: new MassFX system overview. Uutinen

PhysXInfo-sivustolla. Viitattu 29.1.2011. <http://physxinfo.com/news/5519/3ds-max-2012-released-new-massfx-system-overview/>

Zogrim. 2012. 3ds Max 2013: new features of MassFX in review. Uutinen PhysXInfo-sivutolla. Viitattu 29.1.2011. <http://physxinfo.com/news/8099/3ds-max-2013-new-features-of-massfx-in-review/>